



**Paula Joaquina  
Machado Carço de  
Melo**

**Gestão de resíduos para uma construção  
sustentável**



**Paula Joaquina  
Machado Carço de  
Melo**

**Gestão de resíduos para uma construção sustentável**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências e Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e da Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, Estagiária de Pós-Doutoramento do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Dedico o presente trabalho à memória do meu Pai

## **o júri**

presidente

**Doutor Armando da Costa Duarte**  
Professor Catedrático do Departamento de Química da Universidade de Aveiro

**Doutor Vítor Carlos Trindade Abrantes Almeida**  
Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto

**Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja**  
Professor Associado da Universidade de Aveiro

**Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira**  
Professor Associado da Universidade de Aveiro

**Doutora Maria Cândida Lobo Guerra Vilarinho**  
Professor Auxiliar da Universidade do Minho

**Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias**  
Estagiária de Pós-Doutoramento da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Desejo exprimir, perante todos aqueles que contribuíram, de uma forma ou de outra, o meu mais profundo agradecimento.

Ao orientador deste trabalho, Professor Doutor Vitor Ferreira, pela ajuda valiosa e contributos que tornaram possível a realização deste trabalho.

À orientadora deste trabalho, Professora Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, que me concedeu a honra de o acompanhar e foi, ao longo de todo o tempo, fundamental pelo rigoroso apoio científico, pela exigência de desempenho, pela sua imensurável paciência e disponibilidade constante.

À minha mãe pelo espírito crítico, incentivo diário e pelo apoio incondicional na gestão familiar no decorrer destes anos.

Ao meu marido, Eduardo, pelo companheirismo, apoio constante e confiança revelados nestes anos de trabalho.

At last but not least, à minha filha, Ana, pela paciência, carinho, e pela sua gargalhada e boa disposição em todos os momentos.

**palavras-chave**

avaliação de ciclo de vida, construção, resíduo

**resumo**

Os resíduos sólidos (RS) têm vindo a aumentar em quantidade e diversidade nas últimas décadas em todo o mundo, em resultado da explosão demográfica, do crescimento económico e do aumento da construção, acentuando-se também a produção de resíduos perigosos. Por estas mesmas razões têm surgido limitações do espaço disponível para deposição final de RS.

A prática atual no sector da construção pode ser alterada através da introdução de uma gestão eficiente, otimizadora de custos, com a produção de menos resíduos produzidos e também através da implementação de medidas preventivas de produção de resíduos nas obras.

Pretende-se, no âmbito deste trabalho, abordar a problemática da gestão de resíduos de construção em obra e contribuir para alterar a situação descrita, apresentando e validando ferramentas a utilizar na gestão de RS. O principal objetivo do trabalho é avaliar os impactes ambientais associados à gestão dos resíduos produzidos na obra na fase de construção.

Nas obras em estudo foi recolhida informação sobre os resíduos (quantidades e tipologia) e analisada, tratada com a finalidade de criar uma ferramenta indispensável na gestão de resíduos de construção e compilado o inventário dos resíduos. Após esta compilação, procedeu-se à avaliação dos impactes. A aplicação da ferramenta de avaliação de ciclo de vida permitem avaliar o impacte das decisões na sustentabilidade da construção, nomeadamente no que diz respeito à geração de resíduos.

**keywords**

Sustainability; waste; recycling; LCA; construction

**abstract**

The explosion in population growth throughout the world in recent decades prompted an increase in economic growth and construction, which in turn increased solid waste (SW) production. This increase in SW production places a stress factor on available space for the final disposal.

The current method of disposing waste in the construction industry can be improved, by introducing on efficient management, cost optimization and the implementation of conservative measures on the construction site.

This study addresses the problem of waste management in construction sites with the objective of presenting valid procedures to improve the current process of construction waste management. The main objective is to evaluate the environmental impacts associated with the management of waste produced on site during the construction phase.

In the sites under study data (quantity and type) was gathered, analyzed and treated for the purpose of creating a necessary tool in managing construction waste and was also realized a waste inventory. After gathering the information was made an impact assessment. The application of an assessment tool, life cycle assessment, allows to make decisions on the sustainability of construction particularly with regard to the generation of waste.

## Índice

Índice.....	i
Índice das figuras.....	iii
Índice das tabelas.....	vii
Lista de abreviaturas.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e objectivos.....	1
1.2. Organização da dissertação.....	3
2. Desenvolvimento e construção sustentável.....	5
2.1. Desenvolvimento sustentável.....	5
2.2. Construção sustentável.....	12
3. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição.....	19
3.1. Legislação e enquadramento normativo.....	19
3.2. Soluções adoptadas para Resíduos de Construção e Demolição.....	26
4. Avaliação de Ciclo de Vida.....	37
4.1. Contextualização.....	37
4.2. Fases de uma ACV.....	39
4.2.1. Definição do objectivo e âmbito.....	39
4.2.2. Inventário do Ciclo de Vida.....	43
4.2.3. Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida.....	45
4.2.4. Interpretação.....	49
4.3. A Avaliação do Ciclo de Vida no contexto da construção civil.....	50
4.4. A avaliação do Ciclo de Vida no contexto da gestão de resíduos.....	63
5. Caracterização técnica e operacional dos casos de estudo.....	71
5.1. Definição do objectivo e âmbito.....	71
5.2. Metodologia de inventariação de resíduos.....	74
5.3. Metodologia de caracterização do transporte.....	108
5.4. Metodologia de caracterização do processo de tratamento de resíduos.....	109
5.5. Ferramenta de cálculo.....	118
5.6. Resultados e discussão.....	121
5.6.1. 1º caso de estudo.....	122
5.6.2. 2º caso de estudo.....	149



5.6.3.	3º caso de estudo.....	174
5.6.4.	Comparação dos casos de estudo.....	201
6.	Conclusões.....	205
7.	Referências bibliográficas .....	211
7.1.	Legislação consultada.....	216
8.	Anexos.....	219
8.1.	Anexo 1 - Registo fotográfico.....	221
8.2.	Anexo 2 – Listagem com inventário de resíduos.....	227
8.3.	Anexo 3 – Destinos dos resíduos.....	231
8.4.	Anexo 4 – Cálculo da avaliação de impacte .....	241

## Índice das figuras

Figura 1 – Conceito das três dimensões do desenvolvimento sustentável, adaptada Elkington (2006) .....	7
Figura 2 – Pilares do desenvolvimento sustentável para os sete objectivos, retirada APA (2007) .	10
Figura 3 – Desafios e acções – Agenda para Construção Sustentável, retirado UNEP-IETC (2002).	16
Figura 4 - Reorganização das normas ISO 14040-43, adaptado Finkbeiner et al. (2006) .....	38
Figura 5 – Fases de uma ACV, adaptado da EN ISO 14040:2008 .....	40
Figura 6 – Processo multi-funções, adaptada JLR (2010).....	44
Figura 7 – Elementos da fase da AICV, retirada ISO (2008) .....	46
Figura 8 – Conceito de indicadores de categorias, adaptada ISO (2010a).....	47
Figura 9 – Ciclo de vida de um edifício, adaptada Ortiz (2009) .....	54
Figura 10 – Fronteiras dos resíduos de uma construção, adaptada Ortiz (2009) .....	55
Figura 11 – Fases principais do Ciclo de Vida do betão, Cachim (2008) .....	61
Figura 12 – Localização dos casos de estudo .....	72
Figura 13 – Fronteiras do estudo .....	74
Figura 14 - Contentor para material inerte .....	77
Figura 15 - Ecoporto no poço de descarga 2 .....	78
Figura 16 – Contentor para metais (sucata de ferro).....	80
Figura 17 - Contentor para os sacos de bentonite .....	81
Figura 18 - Contentor do RSU nas frentes de trabalho .....	81
Figura 19 - Contentor de resíduos de papel e plástico .....	81
Figura 20 - Identificação da área de armazenamento temporário de resíduos .....	82
Figura 21 - Contentor de resíduos de betão .....	82
Figura 22 - Bidons de recolha de terras contaminadas.....	82
Figura 23 - Área de armazenamento temporário de resíduos.....	83
Figura 24 - Colocação dos geradores sobre bacia de retenção.....	84
Figura 25 - Criação de uma cobertura para o gerador.....	84
Figura 26 - Protecção do gerador.....	85
Figura 27 - Depósito de gasóleo colocado em zona impermeabilizada .....	85
Figura 28 - Área de armazenamento impermeabilizada.....	85
Figura 29 - Montagem de bacia de retenção para colocação de geradores.....	86
Figura 30 - Área de armazenamento temporário de resíduos de PEAD .....	91
Figura 31 – “Big bag” com resíduos do corte de PEAD .....	91
Figura 32 - Vista do ecoporto junto à cantina .....	93
Figura 33 - Contentor de resíduos de papel e plástico .....	93
Figura 34 - Resíduo de betão.....	95
Figura 35 - Contentor da sucata de ferro .....	97
Figura 36 - Zona de depósito de RSU .....	100
Figura 37 – Destino final dos resíduos em %.....	105
Figura 38 - Triagem de paletes de madeira.....	108
Figura 39 – Exemplo da entrada de dados na folha de cálculo.....	118
Figura 40 – Apresentação gráfica do cenário de tratamento da situação real na folha de cálculo	119

Figura 41 - Avaliação do cenário de tratamento real para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq.....	123
Figura 42 - Avaliação do cenário de tratamento real para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	124
Figura 43 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	125
Figura 44 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	126
Figura 45 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	127
Figura 46 - Avaliação do cenário de tratamento reciclagem para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq.....	129
Figura 47 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticas em kg CO <sub>2</sub> eq.....	130
Figura 48 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	130
Figura 49 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq...	131
Figura 50 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	132
Figura 51 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq.....	133
Figura 52 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	134
Figura 53 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	135
Figura 54 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	136
Figura 55 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	136
Figura 56 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq.....	137
Figura 57 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	138
Figura 58 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	139
Figura 59 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	140
Figura 61 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	140
Figura 61 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	142
Figura 62 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	142
Figura 63 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	143
Figura 64 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	143
Figura 65 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de eutrofização cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	144
Figura 66 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq.....	150
Figura 67 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	151
Figura 68 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	152
Figura 69 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	153
Figura 70 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	154
Figura 71 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos em kg Sb eq.....	155

Figura 72 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas em kg CO <sub>2</sub> eq .....	156
Figura 73 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	156
Figura 74 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	157
Figura 75 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.....	158
Figura 76 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq .....	159
Figura 77 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq .....	160
Figura 78 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	161
Figura 79 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	162
Figura 80 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	162
Figura 81 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq .....	163
Figura 82 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq .....	164
Figura 83 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	165
Figura 84 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	166
Figura 85 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	167
Figura 86 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em % .....	168
Figura 87 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %.....	168
Figura 88 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em % .....	169
Figura 89 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em % .....	169
Figura 90 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de	170
Figura 91 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq .....	175
Figura 92 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq .....	176
Figura 93 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes, em kg Sb eq.....	177
Figura 94 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	178
Figura 95 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	179
Figura 96 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq .....	181
Figura 97 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq .....	182
Figura 98 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	182
Figura 99 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq..	183
Figura 100 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.....	184
Figura 101 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq .....	185
Figura 102 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq .....	186
Figura 103 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em .....	187
Figura 104 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	188

Figura 105 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	188
Figura 106 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq	189
Figura 107 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticos, em kg CO <sub>2</sub> eq	190
Figura 108 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em	191
Figura 109 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	192
Figura 110 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	193
Figura 111 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %	194
Figura 112 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %	195
Figura 113 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %	195
Figura 114 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %	196
Figura 115 - Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de eutrofização cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %	196
Figura 116 – Trabalho de demolição	222
Figura 117 - Rega do stock de tout-venant com recurso a joper	222
Figura 118 - Kit de emergência	222
Figura 119 - Armazenamento provisório de tubagem	223
Figura 120 - Zona de lavagem de rodados	223
Figura 121 - Contentor para material inerte	223
Figura 122 - Triagem de resíduos	224
Figura 123 - Contentores de resíduos de betão	224
Figura 124 - Recolha de madeira nas frentes de obra	224
Figura 125 - Recolha de resíduos	225
Figura 126 - Recolha de resíduos	225
Figura 127 - Manutenção de equipamento	225
Figura 128 - Recolha de paletes de madeira	226
Figura 129 - Triagem do ferro	226

## Índice das tabelas

Tabela 1 - Principais documentos legislativos, que incidem sobre os resíduos, aprovados em Portugal, nos últimos anos, adaptado de Mália (2010) .....	20
Tabela 2 - Capítulos da LER nos quais podem ser incluídos os resíduos do sector da construção..	25
Tabela 3 – Sumário da tecnologia utilizada na reciclagem de alguns produtos e respectivos produtos reciclados, adaptado de Tam et al. (2006) .....	28
Tabela 4 – Alguns RCD comuns e suas possíveis reutilizações, adaptado de Holcim Ltd e gtz (2007) .....	29
Tabela 5 – Uso potencial de RCD, adaptado de Horvarth (2004) .....	31
Tabela 6 – Programas informáticos para ACV no sector da construção, Torgal et al. (2007).....	59
Tabela 7 – Unidade funcional considerada para cada caso de estudo .....	74
Tabela 8 - Tipos de contentores/"Big-Bags" adequados por resíduo .....	79
Tabela 9 – Inventário dos resíduos do 1º caso de estudo .....	87
Tabela 10 – Inventário dos resíduos do 2º caso de estudo .....	88
Tabela 11 – Inventário dos resíduos do 3º caso de estudo .....	88
Tabela 12 – Agrupamento dos resíduos no 1º caso de estudo.....	101
Tabela 13 – Agrupamento dos resíduos no 2º caso de estudo.....	102
Tabela 14 – Agrupamento dos resíduos no 3º caso de estudo.....	102
Tabela 15 – Identificação dos grupos finais de resíduos, respectivas quantidades, distância a que foi realizado o tratamento e tipo de tratamento.....	104
Tabela 16- Cálculo do índice de resíduos gerados por quantidade de material para três grupos de resíduos .....	106
Tabela 17 – Processos de tratamento de resíduos seleccionados a partir das bases de dados....	111
Tabela 18 – Processos de tratamento de resíduos utilizados na avaliação final .....	114
Tabela 19 – Parâmetros e factor de caracterização por categoria de impacte .....	115
Tabela 20 – Caracterização das categorias de impactes.....	116
Tabela 21 – Emissões totais para o tratamento de reciclagem .....	128
Tabela 22 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq..	146
Tabela 23 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	146
Tabela 24 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em.....	146
Tabela 25 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq .....	147
Tabela 26 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq .....	147
Tabela 27 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq..	172
Tabela 28 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	172
Tabela 29 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em.....	172
Tabela 30 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq .....	173
Tabela 31 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq .....	173
Tabela 32 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq..	198
Tabela 33 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO <sub>2</sub> eq.....	199
Tabela 34 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em.....	199
Tabela 35 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq .....	199
Tabela 36 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq .....	200
Tabela 37 – Emissões totais .....	201

## Lista de abreviaturas

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

AICV – Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CCP – Código dos Contractos Públicos

CER – Catálogo Europeu de Resíduos

CIB - Conseil International du Bâtiment International

CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

DIA – Declaração de Impacte Ambiental

DL – Decreto-Lei

E - Especificação

EIA – Estudos de impacte ambiental

EDS – Estratégia Europeia de Desenvolvimento Sustentável

e -GAR - Guia de acompanhamento de resíduos electrónica

ELCD – European Life Cycle Database

EN – Norma Europeia

ENDS - Estratégia Europeia Nacional de Desenvolvimento Sustentável

EPS - Poliestireno expandido

GAR - Guia de acompanhamento de resíduos

GEE – Gases com efeito estufa

ICV – Inventário do ciclo de vida

I&D – Investigação e Desenvolvimento

ISO – International Organization for Standardization

JRC – Joint Research Center

LCA – Life Cycle Assessment

LCI – Life Cycle Inventory

LER – Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP – Norma Portuguesa

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ONU – Organização das Nações Unidas

PE - Polietileno

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PEX - Poliestireno reticulado

PP - Polipropileno

PPG - Plano de Prevenção e Gestão de RCD

PS – Poliestireno

PUR - Poliuretano

PVC - Cloreto de polivinilo

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RECAPE – Relatórios de conformidade ambiental do projecto de execução

RI – Resíduos Industriais

RIP – Resíduos Industriais Perigosos

RJUE - Regulamento Jurídico da Urbanização e da Edificação

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RUB – Resíduos urbanos biodegradáveis

SETAC - Society for Environmental Toxicology and Chemistry

SIRAPA – Sistema de Registo da Agencia Portuguesa do Ambiente

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

UE – União Europeia

UNEP - United Nations Environmental Program

WCED – World Commission on Environment and Development



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e objectivos

O desenvolvimento sustentável pressupõe a preocupação não só com o presente mas, também, com a qualidade de vida das gerações futuras, protegendo recursos vitais, incrementando factores de coesão social e equidade, garantindo um crescimento económico amigo do ambiente e das pessoas. Esta visão, integradora do desenvolvimento, tentando harmonizar a economia, a sociedade e a natureza, respeitando a biodiversidade e os recursos naturais, criando laços de solidariedade entre gerações, de co-responsabilização geracional e de solidariedade entre países, constitui o pano de fundo das políticas internacionais e comunitárias de desenvolvimento sustentável. No entanto, é certo, que a tendência de degradação ambiental global tem aumentado. Num mundo cada vez mais global há ainda um longo caminho a percorrer na procura da sua sustentabilidade.

O crescimento da população mundial, conduz a projecções que apontam para que aumente de 6,1 biliões de pessoas em 2000 para 9,1 biliões de pessoas em 2050, e as necessidades que daí advêm em termos de construção implicarão um maior consumo de recursos não renováveis, do qual resultará um acréscimo da produção de resíduos, transformando a construção numa actividade cada vez mais insustentável (Nations, 2010).

A indústria da construção é a terceira maior emissora de dióxido de carbono, (CO<sub>2</sub>), do sector industrial a nível mundial e da União Europeia (UE), representando cerca de 10% das emissões totais de CO<sub>2</sub> na UE (Habert et al., 2009). Para além disso, esta indústria gera mais de 450 milhões de toneladas de resíduos por ano em toda a UE, sendo este o maior fluxo de resíduos, em termos quantitativos, com excepção dos resíduos provenientes das actividades mineira e agrícola (Ortiz et al, 2010b).

Em Portugal, cerca de 7,5 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) são produzidas a cada ano (APA, 2010), representando cerca de 20% do volume total de resíduos gerados no país (Coelho e Brito, 2011). A maioria destes é depositada em aterro, ocupando um volume que ultrapassa claramente o ocupado pelos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (APA, 2010).

Tam e Tam (2006), Baptista (2006), Carpenter et al. (2007), Tam et al. (2010), Coelho et al. (2011) dizem que a forma mais eficiente para atingir o aproveitamento passa pela incorporação

dos resíduos que a indústria produz nos materiais de construção. Os RCD têm um alto potencial de recuperação, podendo 80% destes ser reciclados (Ortiz et al., 2010b). No entanto, para ser viável a reciclagem dos resíduos gerados pelo sector, é fundamental assegurar a sua correcta gestão.

Nos últimos anos tem havido uma grande quantidade de investigação sobre a geração e gestão dos resíduos da construção Huang et al. (2009), Bowman & Associates Pty Ltd (2009), Kehagia (2010), Simões et al. (2010) e Coelho e Brito (2011), mas até à data, são poucos os estudos que incidem sobre os impactes ambientais destes resíduos como referem Pasqualino et al. (2008), Ortiz et al. (2010b) e Chowdhury et al. (2010).

O objectivo principal desta tese prende-se essencialmente com o estudo da gestão de resíduos na construção em fase de construção sob o ponto de vista dos impactes ambientais, utilizando a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e propor alternativas à gestão desses resíduos.

Para se atingir o objectivo proposto definiram-se um conjunto de objectivos específicos:

- realizar um enquadramento histórico do desenvolvimento e construção sustentável;
- analisar a estratégia nacional de desenvolvimento sustentável referente à utilização de RCD;
- fazer um levantamento da legislação ambiental em Portugal e reunir a que incide em RCD;
- reunir normas referentes à utilização de RCD;
- realizar um levantamento de estudos sobre ACV no contexto da construção e no contexto da gestão de resíduos realizados por outros autores;
- analisar a aplicabilidade neste estudo das soluções sugeridas e adoptadas pelos autores;
- acompanhar, implementar e monitorizar o sistema de gestão de resíduos gerados nos três casos de estudo;
- inventariar e classificar os resíduos produzidos nos três casos de estudo;
- fazer uma ACV, apresentar os resultados do ponto de vista dos impactes ambientais;
- comparar os resultados do ACV para os cenários aterro, reciclagem e incineração;
- comparar os resultados com os outros estudos apresentados por diferentes autores;
- concluir quais as melhores soluções a adoptar nas obras;

- criar um ferramenta, que quantifica os impactes ambientais das soluções adoptadas para a gestão de resíduos.

## **1.2. Organização da dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada em oito capítulos. O conteúdo de cada um desses capítulos é descrito seguidamente.

- Capítulo 1 - Introdução - É efectuado um enquadramento ao tema, expõe-se o âmbito da dissertação e são enumerados os objectivos preconizados. É apresentada, ainda, a estrutura e organização do trabalho;
- Capítulo 2 - Desenvolvimento e construção sustentável - São identificados os problemas ambientais associados ao sector da construção, é feito um enquadramento histórico e apresentam-se as estratégias nacionais relativas ao ambiente e à gestão de resíduos e aborda-se o panorama actual da construção e as questões e desafios a que este sector está sujeito;
- Capítulo 3 – Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – Descreve-se a legislação portuguesa que incide sobre os resíduos em geral e, em particular, nos RCD, faz-se uma análise comentada à principal legislação na área da gestão de resíduos. Este capítulo enumera, ainda, soluções adoptadas para os RCD;
- Capítulo 4 – Avaliação de Ciclo de Vida – Procede-se à descrição da ACV em geral. É feito um enquadramento metodológico e apresenta-se a ACV no contexto da construção civil e particularmente da gestão de resíduos;
- Capítulo 5 – Caracterização técnica e operacional dos casos de estudo – Este capítulo contém uma descrição dos casos de estudo, uma descrição da metodologia de inventariação adoptada, os dados recolhidos, uma descrição dos métodos de avaliação escolhidos e a apresentação dos resultados e discussão dos mesmos;
- Capítulo 6 – Conclusões - São feitas considerações finais e apresentadas as principais conclusões obtidas com a realização deste trabalho são, ainda, abordados possíveis desenvolvimentos futuros.
- Capítulo 7 – Referências bibliográficas – São listadas as referências bibliográficas.

- Capítulo 8 – Anexos – Neste capítulo são apresentadas fotografias do acompanhamento realizado nas obras estudadas, procede-se à listagem de elementos tais como inventário de resíduos e listagem dos destinos dos resíduos e informação de base.

## **2. Desenvolvimento e construção sustentável**

### **2.1. Desenvolvimento sustentável**

O Homem actuou ao longo dos tempos no seu ambiente como parasita, tomando o que desejava com pouca atenção pela saúde do sistema de sustentação da sua vida.

Hoje em dia pode pôr-se a seguinte questão: Até que ponto a constante dificuldade sentida pelo Homem com a deterioração do ambiente não resulta do facto da sua cultura ter realmente tendido a ser muito independente do ambiente natural?

Para resolver muitos dos conflitos que se põem, actualmente, ao Homem e no sentido de manter um espaço de vida óptimo, há que restringir o uso da terra e da água e a excessiva exploração dos recursos que utiliza (Odum, 1971).

A sociedade actual tornou-se mais rica gerando mais resíduos que, por sua vez, têm tomado espaço em terras valiosas e contaminado o ar e o solo. Estes resíduos muitas vezes incluem materiais escassos em quantidade que poderiam ser recuperados e reciclados. Há necessidade de desenvolver uma estratégia para lidar com a conservação dos nossos recursos naturais e prevenir os resíduos. A União Europeia deve centrar-se sobre as formas de fornecer produtos e serviços utilizando menos recursos do que os que utiliza actualmente evitando ao máximo o desperdício. Deve, também, informar os consumidores sobre a utilização sustentável dos resíduos, apoiar a investigação para o desenvolvimento de novos produtos que utilizem os recursos de uma forma racional. A abordagem da gestão dos resíduos pressupõe dar prioridade à prevenção, o que implica a educação dos cidadãos para este assunto, seguindo-se a reciclagem, valorização e incineração, e, finalmente, apenas como último recurso, o aterro. A meta europeia apontava para a redução da quantidade de resíduos que são destinados à eliminação em cerca de 20% relativamente aos níveis de 2000 até 2010 e prevê uma diminuição na ordem de 50% até 2050 (European Community, 2001).

A população da Terra duplicou nos últimos 50 anos, o que, associado aos modelos de consumo inerentes a uma sociedade mais "evoluída", implicou a procura crescente de alimentos, bens, serviços e espaço. A escassez de alguns destes factores em muitas sociedades do nosso planeta pôs em causa a sustentabilidade deste modelo de desenvolvimento, o que conduziu em muitos países ao aumento da pobreza devido à deterioração do ambiente com a respectiva

alteração ecológica. Tal constatação, levou a Humanidade a repensar a sua forma de desenvolvimento, essencialmente fundamentada na degradação ambiental, determinando a procura de novos modelos o que fez surgir uma nova abordagem de desenvolvimento, agora sob uma nova óptica, conciliatória com a preservação ambiental e que garanta um desenvolvimento sustentável. Deve salientar-se que o conceito de sustentabilidade não se restringe só a aspectos ambientais, mas apresenta três dimensões, a económica, a social e a ambiental.

Elkington (2005) desenvolveu a “Teoria dos Três Pilares” propondo um modelo que levasse em consideração a qualidade ambiental, a justiça social e o desenvolvimento económico. Trata-se de uma visão equilibrada sobre a maneira como fazer uso dos recursos que a natureza oferece, sendo essencial para se garantir às gerações futuras uma sociedade de prosperidade e justiça, melhor saúde ambiental e melhor qualidade de vida.

O conceito de sustentabilidade ambiental consiste na manutenção das funções e componentes do ecossistema, de modo sustentável, podendo igualmente designar-se como a capacidade que o ambiente natural tem de manter as condições de vida para as pessoas e para os outros seres vivos, tendo em conta a habitabilidade, a beleza do ambiente e a sua função como fonte de energias renováveis.

A sustentabilidade económica, enquadrada no âmbito do desenvolvimento sustentável traduz-se por um conjunto de medidas e de políticas que visam a incorporação pelos diferentes intervenientes de preocupações e conceitos ambientais e sociais. Aos conceitos tradicionais de mais-valias económicas são adicionados como factores a ter em conta, os parâmetros ambientais e socioeconómicos, criando assim uma interligação entre os vários sectores. Desta forma, o lucro não é somente medido na sua vertente financeira, mas igualmente ambiental e social, o que potencia um uso mais correcto quer das matérias-primas, quer dos recursos humanos.

A sustentabilidade sociopolítica centra-se no equilíbrio social, tanto na sua vertente de desenvolvimento social como socioeconómica. É um veículo de humanização da economia, e, ao mesmo tempo, pretende desenvolver o tecido social nas suas componentes humanas e culturais.

O pilar económico representa a geração de riqueza pela e para a sociedade, através do fornecimento de bens (duráveis) e serviços. O pilar ambiental diz respeito à conservação e ao manuseamento dos recursos naturais, e ao pilar social compete atingir a equidade e a participação de todos os grupos sociais na construção e manutenção do equilíbrio do sistema, compartilhando direitos e responsabilidades.

A Figura 1 representa a relação teórica, actual e desejável do equilíbrio entre as três dimensões do desenvolvimento sustentável. Pela sua observação deduz-se que na teoria deveríamos ter um equilíbrio entre as três dimensões. Na realidade verifica-se que é dada muito mais importância ao desenvolvimento económico, tornando-se assim urgente a tomada de abordagens multidisciplinares, que permitam a integração de medidas de defesa do ambiente na política económica e social (Elkington, 2006).

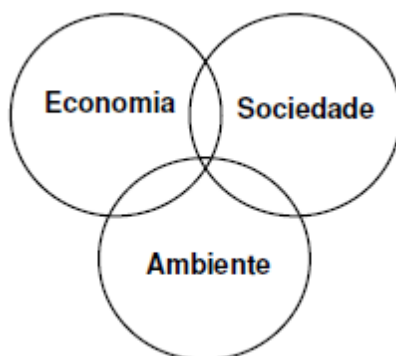


Figura 1 – Conceito das três dimensões do desenvolvimento sustentável, adaptada Elkington (2006)

O termo "desenvolvimento sustentável" ganhou relevância internacional após a divulgação da publicação "O Nosso Futuro Comum" em 1987, também designada por "Relatório de Brundtland", por se tratar do resultado do trabalho de uma comissão nomeada pelas Nações Unidas, intitulada "WCED – World Commission on Environment and Development". Este relatório referenciou a pobreza nos países do Sul e o consumismo extremo nos países do Norte como as causas fundamentais da insustentabilidade deste tipo de desenvolvimento e das crises ambientais que já se previam. A comissão recomendou o agendamento e a realização de uma conferência sobre esses temas.

O desenvolvimento da Agenda 21 começou em 23 de Dezembro de 1989 com a aprovação em Assembleia Extraordinária das Nações Unidas de uma conferência sobre o "Meio Ambiente e o Desenvolvimento", como fora recomendado pelo relatório Brundtland. A Agenda 21 é um documento que estabelece que cada País se compromete a reflectir, global e localmente, sobre a forma como os governos, as empresas, as organizações não-governamentais e todos os sectores da sociedade poderão cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio ambientais. Os

esboços iniciais com o acordo dos estados-membros da ONU, sofreram um complexo processo de revisão, de consulta e de negociação, culminando com a segunda Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida como Rio-92 ou Eco-92, em Junho de 1992 no Rio de Janeiro, onde representantes de 179 governos aceitaram adoptar o programa apresentado.

A Conferência do Rio veio fomentar a ideia de que aquilo que se considerava até então um desperdício, poderá vir a ser um recurso, reforçando a necessidade de integrar as questões ambientais no nosso quotidiano e iniciarmos uma atitude proactiva. Ganharam força as ideias de Ciclo de Vida dos materiais, nomeadamente dos resíduos gerados, bem como os princípios de rotulagem ecológica, da gestão integrada, do voluntarismo (ultrapassando-se as obrigações legais), da compatibilização das questões ambientais com a gestão das organizações e da proactividade em oposição à simples reactividade perante os problemas ambientais. Surgiu assim uma dimensão mais voluntária e alguma maturidade nos SGA (Ferreira, 2007).

O aumento da preocupação a nível global, no que respeita à situação ambiental do planeta, principalmente devido ao aquecimento global, à destruição da camada do ozono e à perda de habitats naturais e de biodiversidade, começa a evidenciar a necessidade de análise da sustentabilidade ambiental em todos os sectores de actividade. A reflexão que se vem desenvolvendo, a pouco e pouco, sobre os temas referidos conduz a uma tomada de consciência que torna possível a incorporação dos temas ambientais aquando das tomadas de decisão a qualquer nível com o objectivo de se atingir aquela que é a atitude desejável que conduza a manter o equilíbrio dos ecossistemas.

A procura pelo Homem de um modelo mais sustentável de evolução da sociedade tem sido a preocupação dominante nas últimas décadas face ao conjunto de oportunidades, mas também de ameaças, que afectam o conjunto do tecido social, a estrutura das actividades económicas e o equilíbrio ambiental (APA, 2007).

Um desenvolvimento sustentável pressupõe a preocupação não só com o presente mas com a qualidade de vida das gerações futuras. Compete-nos proteger os recursos vitais, incrementar factores de coesão social e de equidade, garantindo um crescimento económico amigo do ambiente e das pessoas. Esta visão integradora do desenvolvimento que harmoniza a economia, a sociedade e a natureza, respeitando a biodiversidade e o uso racional dos recursos naturais, apela também à solidariedade entre gerações e à co-responsabilização e solidariedade entre países,



constitui o pano de fundo das políticas internacionais e comunitárias de desenvolvimento sustentável que têm vindo a ser prosseguidas (APA, 2007).

Em 1993 a União Europeia desenvolveu o 5º Programa para o Ambiente e Desenvolvimento, no qual se estabelece a necessidade de uma maior abrangência das políticas do ambiente. Na sequência dos compromissos assumidos por Portugal no âmbito da Agenda 21, foi elaborado em 2002 um documento intitulado Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS), o qual foi actualizado até ao ano 2015 (Torgal e Jalali, 2007).

A Estratégia Europeia de Desenvolvimento Sustentável (EDS), foi adoptada no Conselho Europeu de 16 de Junho de 2006, tendo sido fixados como principais desafios as alterações climáticas e a energia limpa, os transportes sustentáveis, a conservação e gestão dos recursos naturais, a saúde pública, a inclusão social, a demografia e migração e a pobreza global. Constituem objectivos-chave da EDS a protecção ambiental, a justiça e coesão social, a prosperidade económica e o assumir das responsabilidades internacionais.

O desígnio integrador e mobilizador adoptado pela ENDS é o de retomar uma trajectória de crescimento sustentado que torne Portugal, no horizonte de 2015, num dos países mais competitivos e atractivos da União Europeia, num quadro de elevado nível de desenvolvimento económico, social e ambiental e de responsabilidade social (DL 109/2007). A concretização deste desígnio assumido pelo Conselho de Ministros, supõe um programa de acção diversificado que aposte:

- Na qualificação dos portugueses e no aproveitamento do potencial científico, tecnológico e cultural como suportes de competitividade e coesão;
- Na internacionalização e na preparação das empresas para a competição global;
- Na sustentabilidade dos sistemas de protecção social e numa abordagem flexível e dinâmica dos processos de coesão;
- Na gestão eficiente dos recursos e na protecção e valorização do ambiente, com adopção de soluções energéticas mais eficientes e menos poluentes;
- Na conectividade do País e na valorização equilibrada do território;
- No reforço da cooperação internacional e na melhoria da qualidade na prestação dos serviços públicos.

Para responder a todos estes desafios, a ENDS enuncia sete objectivos de acção (Figura 2). Estes sete objectivos respondem de forma equilibrada às três vertentes do desenvolvimento sustentável, assentes no desenvolvimento económico, coesão social e protecção ambiental.



Figura 2 – Pilares do desenvolvimento sustentável para os sete objectivos, retirada APA (2007)

Estes objectivos visam vários domínios essenciais para o desenvolvimento sustentável, em particular na sua dimensão ambiental (APA, 2007):

- Combater as alterações climáticas;
- Promover a gestão integrada da água e seu aproveitamento eficiente;
- Promover uma política de gestão de qualidade do ar;
- Promover uma política de protecção dos solos;
- Promover políticas agrícolas e florestais;

- Promover uma política de conservação da natureza e da biodiversidade que vise sustentar a redução e fragmentação dos habitats, a protecção de espécies ameaçadas e a valorização das paisagens, articulada com as políticas agrícola, florestal, de desenvolvimento urbano e económico e de obras públicas;
- Promover uma política integrada e coordenada de ordenamento, planeamento e gestão da zona costeira nacional;
- Promover uma gestão eficiente e sustentável das actividades com base nos Oceanos;
- Conservar a biodiversidade e criação de uma rede de áreas protegidas no meio marinho;
- Promover uma política de gestão dos riscos naturais e tecnológicos;
- Promover uma política integrada de gestão dos resíduos, que fomente a redução na fonte e estimule a reutilização e reciclagem, bem como a sua valorização e deposição final em condições seguras.

Portugal tem várias metas a atingir, no contexto da ENDS, entre as quais:

- Cumprir as metas de emissões de gases com efeito de estufa estabelecidas no Protocolo de Quioto, nos termos do Acordo de Partilha de Responsabilidades no âmbito da UE, isto é, limitar a 27% o crescimento das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) face ao registado em 1990 no período de cumprimento de 2008-2012;
- Prevenir a produção de resíduos, atingindo as seguintes metas de redução: menos 225000 t de RSU; menos 12,1% em peso na produção de Resíduos Industriais (RI), menos 20,7% em peso na produção de Resíduos Industriais Perigosos (RIP);
- Prosseguir uma abordagem por material, cumprindo as metas de reciclagem das directivas comunitárias para as seguintes tipologias de materiais, metais, plásticos, madeira, vidro, papel e cartão, etc.). Para os Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB): limites de deposição em aterro: 75%, 50% e 35%, a alcançar faseadamente em 2006, 2009 e 2016, respectivamente;
- Implementar centros de logística inversa nas duas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, para recolha e encaminhamento de resíduos específicos de maior volume (automóveis, pneus, vidro, papel, plásticos, etc.);
- Assegurar a transposição para o direito interno das Directivas Comunitárias de Ambiente, e assegurar a execução das Directivas, Regulamentos e Decisões Comunitárias de Ambiente dentro do prazo estabelecido nos mesmos de forma a que Portugal esteja entre os cinco Estados-Membros com menor número de incumprimentos.

## **2.2. Construção sustentável**

Apesar das diferentes crises a economia global continua a aumentar, conduzindo a uma maior necessidade de acesso aos recursos naturais e desenvolvendo actividades cujos efeitos ambientais importa considerar. Os impactes são crescentes, devido quer ao aumento da população quer ao aumento do nível de vida em certas zonas do planeta.

O suporte das actividades humanas exige materiais e energia o que conduz à intervenção física nos locais, originando pressões sobre materiais, energia, água e território, com impactes quer no ambiente natural, quer no construído, por vezes com reflexos importantes na sustentabilidade dos mesmos. Para a boa realização das actividades humanas são criados ambientes construídos pelo Homem, como por exemplo, infra-estruturas rodoviárias, de abastecimento de água, de energia, entre outras, com os consequentes impactes em termos da respectiva construção e operação relançando a questão de como os materiais e energia são utilizados, e como o crescimento e o uso do espaço são planeados e controlados determinando se os valores humanos são preservados ou perdidos.

Estando as questões ambientais e a percepção de sustentabilidade na construção na ordem do dia, surge o conceito de construção sustentável e as orientações para a sua implementação, avaliação e reconhecimento das características ambientais.

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais activos sectores em toda a Europa. Esta actividade consome mais matérias-primas do que qualquer outra, consome também elevadas quantidades de energia e os RCD representam, assim, a grande maioria dos resíduos produzidos em toda a Europa, sendo que grande parte desses tem a vantagem de poder ser reciclada (Torgal e Jalali, 2007).

CIB (2002) aponta os materiais betão e aço como sendo os materiais que conduzem a uma significativa alteração climática. É usado duas vezes mais betão na construção, no mundo, do que no total de todos os outros materiais de construção, incluindo madeira, aço, plástico e alumínio. A produção de cimento é, após a queima de combustíveis fósseis, o maior contribuinte antropogénico para as emissões de gases com efeito de estufa. Os fornos de cimento foram identificados como uma fonte fixa de óxidos de azoto, libertando mais de 25 toneladas por ano (UNEP-IETC, 2002). A obra é um grande consumidor de energia durante a fase de produção de

materiais, tais como ferro, aço e cimento usados como elementos estruturais, vidros para janelas e materiais sintéticos para impermeabilização e isolamento. As questões importantes directamente relacionadas com a produção desses materiais são, naturalmente, questões ambientais para as indústrias que os produzem. Assim, através da utilização intensiva destes materiais de construção, a indústria está a contribuir para o uso de recursos não-renováveis em grande escala.

No que diz respeito ao fabrico dos produtos utilizados algumas questões se levantam à indústria da construção. Esta indústria deve colaborar no sentido de limitar, dentro do possível, a sua utilização e assim poder-se equacionar a redução da quantidade de material incorporado e a energia utilizada, relevando para o uso de matérias-primas renováveis, com baixo consumo de energia, aumentando a sua durabilidade e a sua vida útil.

WBCSD (2011) estima que, aproximadamente, 25 mil milhões de toneladas de betão são fabricadas anualmente em todo o mundo. Isso significa mais de 1,7 mil milhões de cargas de camiões por ano, ou seja 6,4 milhões de cargas por dia, o que conduz ao valor de 3,8 toneladas por pessoa por cada ano. Na Europa são gerados cerca de 1.300 milhões de toneladas de resíduos todos os anos, dos quais cerca de 510 milhões de toneladas (40%) são oriundas dos RCD. Os Estados Unidos produzem cerca de 325 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição e o Japão cerca de 77 milhões de toneladas. A China e Índia estão a produzir e a utilizar mais de 50% do betão do mundo, sendo que a geração de resíduos é significativa e com tendência para aumentar (WBCSD, 2011).

Para além da energia incorporada nos materiais de construção e respectivas emissões de gás de estufa, a poluição também ocorre durante a transformação de matérias-primas e durante o fabrico dos produtos. Efluentes e gases tóxicos são descarregados em meios ambientais com efeitos devastadores na vida aquática e marinha, bem como contribuindo para a poluição atmosférica. A produção de ferro, aço e metais não ferrosos, bem como a produção de outros materiais de construção, como cimento, vidro, cal e tijolos, é responsável por 20% das emissões anuais de dioxina e furano (UNEP-IETC, 2002).

Para além das questões mencionadas, a maciça desflorestação dos países em desenvolvimento pode ser atribuída, também, à produção de materiais para a construção. A madeira para construção e para outras indústrias é frequentemente colhida em florestas indígenas, causando a erosão do solo, assoreamento dos cursos de água e precipitação reduzida.

À construção colocam-se vários desafios como o envolvimento não apenas em questões técnicas, mas também, questões sociais, jurídicas, económicas e políticas. A optimização das características dos edifícios e de produtos, a fim de melhorar o desempenho da sustentabilidade, deve ter em conta factores como o clima, cultura, tradições da construção e o estado de desenvolvimento da indústria. O aumento do número de parâmetros e indicadores adequados, explorando, novos métodos de avaliação do desempenho ambiental, levará a uma melhor avaliação das obras de construção civil. No que diz respeito ao fabrico dos produtos, as questões importantes são a redução da quantidade de material incorporado, a redução das emissões dos produtos em uso no sentido de melhorar a manutenção e a reciclagem. Por outro lado, deve ser reforçada a qualidade do ambiente doméstico com o fim de atingir condições de vida saudável e produtiva no interior de edifícios. Outro desafio para o sector da construção é a implementação da gestão da água nos edifícios, não esquecendo a poupança de energia nos transportes dos materiais.

A optimização dos modos de concepção, construção e demolição dos edifícios e do ambiente construído pode permitir melhorias significativas no desempenho ambiental e económico dos espaços edificados e na qualidade de vida dos cidadãos dado que na maior parte dos casos, a população vive e trabalha em espaços construídos (Pinheiro, 2006).

Para atingir estes desafios, arquitectos e produtores de materiais para edificações têm que trabalhar em conjunto no desenvolvimento de novos conceitos, não esquecendo, uma melhor cooperação entre as indústrias que deverá promover o desenvolvimento de uma nova gama de componentes. Para ajudar os utilizadores na selecção dos materiais deve ser criada rotulagem ambiental para identificação de factores como a sua vida útil, composição e reciclagem. A incorporação de resíduos industriais em novos produtos constitui assim e no caso concreto de Portugal, uma maneira eficaz para se alcançar a meta prevista no âmbito da ENDS 2015 que prevê reduzir em 12,1% as quantidades dos resíduos industriais gerados relativamente aos valores do ano de 2001.

O CIB (Conseil International du Bâtiment International ou Council for Research and Innovation in Building Construction), desde a década de 80 do século XX, que se assume como uma das mais importantes organizações para a pesquisa e cooperação internacional no que concerne a edifícios e construções. Nela existem grupos de trabalho vocacionados para questões ambientais como, por exemplo, Concepção para durabilidade (W094), Conservação de Energia no Ambiente Construído (W067), Fornecimento de Água e Drenagem (W062) e Ambiente Interno (W077).

Actualmente o CIB ainda dispõe de um conjunto variado de grupos de trabalho e de desenvolvimento. A Agenda 21 sobre Construção Sustentável adoptada, em 1999, pelo CIB, pretende ser um intermediário entre as Agendas internacionais e as nacionais e locais, no que se refere ao ambiente construído e ao sector da construção.

Os três objectivos principais definidos pela Agenda 21 sobre Construção Sustentável são (UNEP-IETC, 2002):

- Criar uma estrutura de abordagem e terminologia que adicione valor às Agendas nacionais ou regionais e sub-sectoriais;
- Criar uma Agenda para actividades locais realizadas pelo CIB e pelas suas organizações internacionais suas parceiras;
- Criar um documento fonte para a definição de actividades de I&D.

Deste modo, esta Agenda aborda o desenvolvimento sustentável e a construção sustentável ao nível das necessidades do mercado, do funcionamento dos edifícios e estruturas, dos recursos, da melhoria do processo construtivo, do urbanismo, dos aspectos sociais, entre outros. Segundo a Agenda 21 os maiores desafios que o sector da construção civil encara são:

- Promover a eficiência energética;
- Reduzir o uso e consumo de água potável;
- Seleccionar materiais com base no seu desempenho ambiental;
- Contribuir para um desenvolvimento urbano sustentável.

A Figura 3 representa os desafios e acções definidos pela Agenda 21 sobre Construção Sustentável e que conduzem ao ambicionado desenvolvimento sustentável ao nível da construção.

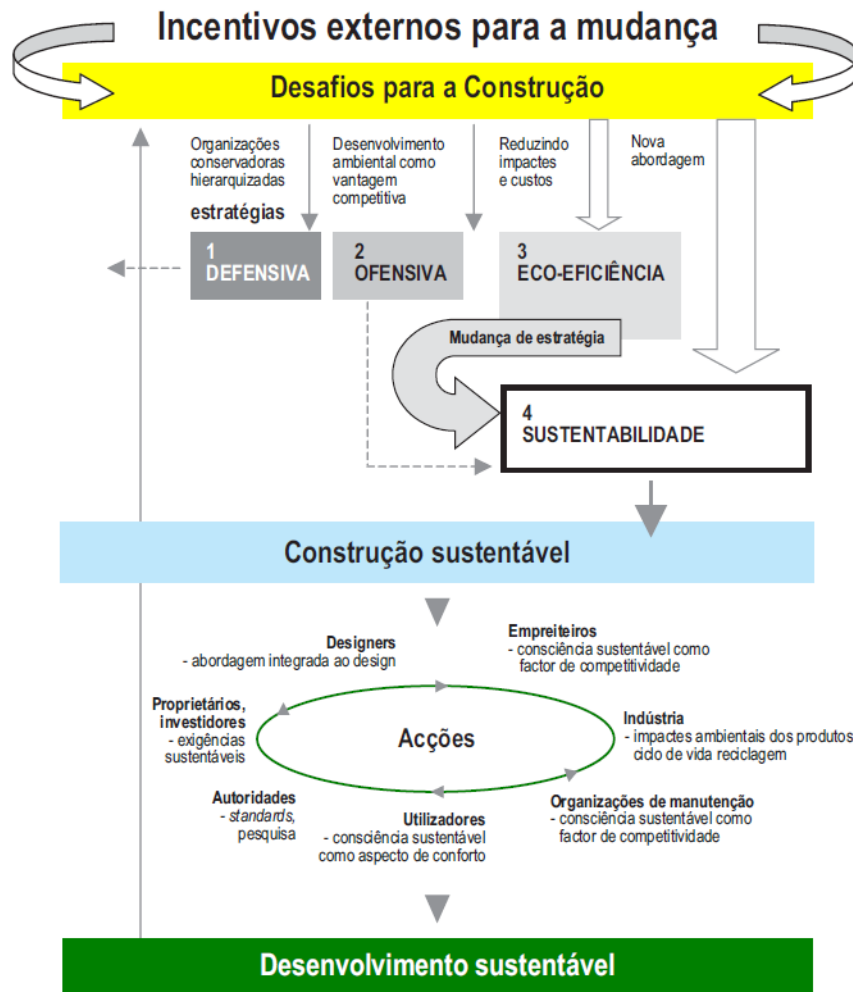


Figura 3 – Desafios e acções – Agenda para Construção Sustentável, retirado UNEP-IETC (2002)

O CIB articula sete princípios de sustentabilidade da construção que idealmente irão ajudar na decisão dos intervenientes durante as fases de concepção e construção, continuando em todo o processo de Ciclo de Vida do edifício:

- Minimizar o consumo dos recursos;
- Maximizar a reutilização dos recursos;
- Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
- Proteger o ambiente natural;
- Criar um ambiente saudável e não tóxico;
- Aplicar a análise de ciclo de vida aos custos;
- Fomentar a qualidade.



Estes princípios são aplicados em todo o processo de Ciclo de Vida da construção, do planeamento até à desconstrução (Kibert, 2007) e começaram por ser a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico (Pinheiro, 2003).

A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (Organisation for Economic Co-operation and Development - OCDE) iniciou em 1998 um projecto de quatro anos, apoiado pelo Ministro Japonês do Ambiente que visou fornecer orientações para o desenho de políticas governamentais que minimizassem os impactes ambientais do sector da construção, em geral, e no dos edifícios, em particular. Decorrente desta iniciativa, resultaram várias propostas e um conjunto de publicações, tendo em vista, nomeadamente, identificar as barreiras e oportunidades de melhoria, algumas reflexões sobre o desenho de políticas para edifícios sustentáveis, análise de casos e desafios que se colocam à construção, que seguidamente se detalham.

Como finalização e conclusão do processo de actividades de quatro anos, estabelecido pela direcção de ambiente da OCDE na área da sustentabilidade dos edifícios, foi publicado o relatório sobre desafios e políticas da sustentabilidade dos edifícios na área ambiental. Neste documento são sistematizados os aspectos anteriormente abordados, recomendando-se para uma boa estrutura de política global que (Pinheiro, 2006):

- Se defina uma estratégia nacional (para cada país) para melhorar o desempenho ambiental do sector dos edifícios;
- Se implemente um mecanismo para monitorizar regularmente o desempenho ambiental;
- Se implementem parcerias estreitas entre o governo e a indústria, para suportar a I&D e as tecnologias de difusão;
- Se introduzam sistemas de reforço de aquisições públicas sustentáveis na construção;
- Se minimizem os custos derivados da duplicação de processos administrativos;
- Se efectuem mais pós-avaliações dos instrumentos políticos, através de uma estreita cooperação internacional.

Portugal quando aderiu à então Comunidade Europeia, teve de integrar na legislação nacional leis que resultaram da transposição da legislação comunitária existente à data na área do ambiente. Posteriormente, o mesmo aconteceu com toda a legislação elaborada e que coloca o ambiente no centro da política (Pinheiro, 2006).

Os estados membros da UE têm desenvolvido planos de acção para a construção sustentável de que são exemplo o Reino Unido, a França, a Finlândia, a Suécia, a Holanda, bem como, instrumentos e ferramentas que permitam desenvolver e avaliar a sustentabilidade da construção de edifícios. O Reino Unido tem uma estratégia para a construção sustentável que foi lançada, em Abril de 2000, pelo governo, para desenvolver parcerias com as instituições industriais, tendo em vista mudar a forma como são construídos os edifícios e infra-estruturas britânicas. O Reino Unido pretende liderar o processo europeu, recorrendo a uma construção mais ambiental e social, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento sustentável nacional e internacional. A estratégia francesa desenvolvida a partir dos anos 90, baseou-se num vasto programa de investigação iniciado pelo CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) e, desde 1993, o departamento francês dos equipamentos, através do "plano de construção e arquitectura", lançou propostas para o desenvolvimento de projectos experimentais na construção e nos edifícios em particular visando a sua alta qualidade ambiental (Bâtiments HQE). Em França têm vindo a ser desenvolvidas abordagens e análise de casos, bem como um sistema de avaliação e gestão ambiental da construção, em especial dos edifícios (Pinheiro, 2006).

### **3. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição**

#### **3.1. Legislação e enquadramento normativo**

O sector da construção civil é responsável por uma parte muito significativa dos resíduos gerados em Portugal, situação comum à generalidade dos demais Estados membros da União Europeia em que se estima uma produção anual global de 100 milhões de toneladas de RCD (DL46/2008). A indústria da construção em Portugal não tem a tradição de reutilizar ou reciclar os resíduos que produz, acabando a grande maioria depositados em aterros ou despejados ilegalmente.

Para a gestão de resíduos em geral, o regime jurídico foi pela primeira vez aprovado em Portugal através do Decreto-Lei 488/85. Este documento incentivava, entre outros aspectos, a uma menor produção de resíduos, ao desenvolvimento de processos tecnológicos que permitissem a reciclagem, à eliminação dos resíduos não reciclados em condições de máximo aproveitamento do seu potencial energético. A evolução rápida do direito comunitário determinaria a revogação daquele diploma pelo Decreto-Lei 310/95, que tratou de operar a transposição para a ordem jurídica interna das directivas europeias. Mais tarde, este seria revogado pelo Decreto-Lei 239/97, que estabelecia as regras gerais para a correcta gestão de resíduos seguindo-se ainda o Decreto-Lei 178/2006 que regulava as regras gerais de gestão de resíduos. Apesar de todo o esforço legislativo que a gestão de resíduos sofreu desde 1985, só em 2008 foi publicada a primeira regulamentação específica da gestão de RCD, através do Decreto-Lei 46/2008 (Mália, 2010). Actualmente, encontra-se em vigor o Decreto-Lei 73/2011, que veio revogar o Decreto-Lei 178/2006.

Na Tabela 1 apresenta-se a principal legislação portuguesa, que incide sobre os RCD, por ordem cronológica.

Tabela 1 - Principais documentos legislativos, que incidem sobre os resíduos, aprovados em Portugal, nos últimos anos, adaptado de Mália (2010)

Legislação	Descrição geral
Decreto-Lei 310/95, 20 de Novembro de 1995	Adequa a legislação nacional à legislação europeia (revoga o Decreto-Lei 488/95).
Portaria 15/96, 23 de Janeiro de 1996	Aprova as operações de gestão de resíduos (revogada pela Portaria 209/2004).
Portaria 335/97, 16 de Maio de 1997	Estabelece as regras de transporte de resíduos
Portaria 818/97, 5 de Setembro de 1997	Aprova a lista europeia de resíduos (revogada pela Portaria 209/2004).
Decreto-Lei 239/97, 9 de Setembro de 1997	Estabelece as regras gerais de gestão de resíduos (revogado pelo Decreto-Lei 178/2006).
Portaria 961/98, 10 de Novembro de 1998	Legisla a autorização de processos de gestão de resíduos industriais, urbanos e de outros tipos (revogada pelo Decreto-Lei 178/2006).
Portaria 792/98, 22 de Setembro de 1998	Aprova a lista de resíduos industriais não perigosos (revogada pela Portaria 1408/2006).
Decreto-Lei 321/99, 11 de Agosto de 1999	Regula a instalação e a gestão de aterros de materiais não perigosos (revogado pelo Decreto-Lei 152/2002).
Decreto-Lei 516/99, 2 de Dezembro de 1999	Aprova o Plano Estratégico para os resíduos industriais não perigosos.
Decreto-Lei 152/2002, 23 de Maio de 2002	Regula a instalação, utilização, encerramento e pós-encerramento de aterros (revogado pelo Decreto-Lei 183/2009).
Portaria 209/2004, 3 de Março de 2004	Lista europeia de classificação de resíduos
Decreto-Lei 178/2006, 5 de Setembro de 2006	Estabelece as regras gerais de gestão de resíduos (alterado pela Decreto-Lei 73/2011).
Portaria 1408/2006, 18 de Dezembro de 2006	Aprova o Regulamento de Funcionamento do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos.
Decreto-Lei 46/2008, 12 de Março de 2008	Estabelece as regras gerais de gestão de RCD (alterado pela Decreto-Lei 73/2011).
Decreto-Lei 183/2009, 10 de Agosto de 2009	Regime jurídico da deposição de resíduos em aterro
Decreto-Lei 73/2011, 17 de Junho de 2011	Estabelece as regras gerais de gestão de resíduos - Regime geral de gestão de resíduos. (altera o Decreto-Lei 178/2006).

O Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho altera o regime geral da gestão de resíduos e transpõe, para a ordem jurídica interna, a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos. Este Decreto-Lei estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos.

O Governo considera prioritário reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural. Além disso, considera importante promover o pleno aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos, como forma de consolidar a sua valorização, com vantagens quer para os agentes económicos, quer estimulando o aproveitamento de resíduos específicos com elevado potencial de valorização.

São seguidamente enunciadas, de forma sumária, as principais alterações introduzidas com o presente Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho:

- Clarifica conceitos chave, como as definições de resíduo, prevenção, reutilização, preparação para a reutilização, tratamento e reciclagem, e a distinção entre os conceitos de valorização e eliminação de resíduos, com base numa diferença efectiva em termos de impacte ambiental;
- Promove o incentivo à recolha selectiva, em particular dos bioresíduos e estabelece um enquadramento regulamentar para a livre comercialização do composto para valorização agrícola;
- Prevê a aprovação de programas de prevenção e estabelece metas de reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, a cumprir até 2020;
- Alarga o âmbito do mercado organizado de resíduos aos subprodutos, materiais reciclados e resíduos perigosos. Esta medida confere uma maior versatilidade ao mercado organizado de resíduos e facilita e potencia a valorização de outro tipo de resíduos;
- Introduce o mecanismo da responsabilidade alargada do produtor. Esta abordagem da gestão de resíduos tem em conta o ciclo de vida dos produtos e materiais e não apenas a fase de fim de vida, com as inerentes vantagens do ponto de vista da utilização eficiente dos recursos e do impacte ambiental.

Como referido, prevê-se, no Decreto-Lei 73/2011, a aprovação de programas de prevenção e estabelecem-se metas de reutilização, reciclagem e outras formas de valorização material de resíduos, a cumprir até 2020. Atenta, não só, à importância de um forte incentivo à reciclagem

que permita o cumprimento destas metas, mas também, à preservação dos recursos naturais, prevê -se a utilização de pelo menos 5 % de materiais reciclados em empreitadas de obras públicas. Em matéria de transporte de resíduos, é introduzida a guia de acompanhamento de resíduos electrónica (e -GAR). A introdução desta guia tem como vantagens tornar mais fiável o sistema de acompanhamento do transporte de resíduos, desmaterializando e simplificando de forma significativa o procedimento de registo e controlo da informação relativa a esta actividade. A Portaria 417/2008 de 11 de Junho aprova os modelos de guias de acompanhamento de resíduos destinadas ao transporte de RCD.

O citado Decreto-Lei é aplicável às operações de gestão de resíduos destinadas a prevenir ou reduzir a produção dos mesmos, o seu carácter nocivo e os impactes adversos decorrentes da sua produção e gestão, bem como a diminuição dos impactes associados à sua utilização, de forma a melhorar a eficiência da sua utilização e a protecção do ambiente e da saúde humana.

Este Decreto-Lei define os seguintes conceitos:

- “Eliminação” como qualquer operação que não seja de valorização, nomeadamente as incluídas no anexo I do presente Decreto-Lei, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia;
- “Prevenção” a adopção de medidas antes de uma substância, material ou produto assumir a natureza de resíduo, destinadas a reduzir:
  - i) A quantidade de resíduos produzidos, designadamente através da reutilização de produtos ou do prolongamento do tempo de vida dos produtos;
  - ii) Os impactes adversos no ambiente e na saúde humana resultantes dos resíduos produzidos;
  - iii) O teor de substâncias nocivas presentes nos materiais e nos produtos;
- “Reciclagem” como qualquer operação de valorização, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para o seu fim original ou para outros fins, mas que não inclui a valorização energética nem o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento;
- “Resíduos” como quaisquer substâncias ou objectos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer;

- «Resíduo de construção e demolição» o resíduo proveniente de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações;
- “Resíduo inerte” o resíduo que não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas importantes e, em consequência, não pode ser solúvel nem inflamável, nem ter qualquer outro tipo de reacção física ou química, e não pode ser biodegradável, nem afectar negativamente outras substâncias com as quais entre em contacto de forma susceptível de aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana, e cuja lixiviabilidade total, conteúdo poluente e ecotoxicidade do lixiviado são insignificantes e, em especial, não põem em perigo a qualidade das águas superficiais e ou subterrâneas;
- “Resíduo perigoso” os resíduos que apresentam uma ou mais das características de perigosidade constantes do anexo III do Decreto-Lei, anexo que dele faz parte integrante;
- “Reutilização” como qualquer operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos;
- “Tratamento” como qualquer operação de valorização ou de eliminação de resíduos, desde a preparação prévia à valorização ou eliminação e as actividades económicas referidas no anexo IV do presente Decreto-Lei, anexo que dele faz parte integrante;
- “Triagem” como o acto de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento;
- “Valorização” como qualquer operação, nomeadamente as constantes no anexo II do presente Decreto-Lei, cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia.

A política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar a seguinte ordem de prioridades no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos (DL73/2011):

- Prevenção e redução;
- Preparação para a reutilização;
- Reciclagem;
- Outros tipos de valorização;
- Eliminação.

No âmbito do disposto no Decreto-Lei 73/2011 são fixadas as seguintes metas a alcançar até 2020:

- Um aumento mínimo global para 50 %, em peso, relativamente à preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos, incluindo o papel, o cartão, o plástico, o vidro, o metal, a madeira e os resíduos urbanos biodegradáveis;
- Um aumento mínimo para 70 %, em peso, relativamente à preparação para a reutilização, a reciclagem e outras formas de valorização material, incluindo operações de enchimento que utilizem resíduos como substituto de outros materiais, resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão dos materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da Lista Europeia de Resíduos (LER).

Com vista à concretização das metas previstas, sempre que seja tecnicamente exequível, é obrigatória a utilização de pelo menos 5 % de materiais reciclados ou que incorporem materiais reciclados relativamente à quantidade total de matérias-primas usadas em obra, no âmbito da contratação de empreitadas de construção e de manutenção de infra-estruturas ao abrigo do Código dos Contractos Públicos, aprovado pelo Decreto -Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro.

As alterações introduzidas pelo Decreto-Lei 73/2011 de 17 de Junho ao regime geral da gestão de resíduos pretendem:

- Reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem;
- Promover o pleno aproveitamento do novo mercado de resíduos;
- Simplificar o processo de licenciamento de operadores de tratamento de resíduos;
- Salvaguardar os recursos naturais e a saúde humana.

A Portaria 209/2004 de 3 de Março assegura a harmonização do normativo vigente em matéria de identificação e classificação de resíduos com a Lista Europeia de Classificação de Resíduos que consta da Portaria, ao mesmo tempo que visa facilitar um perfeito conhecimento pelos agentes económicos do regime jurídico a que estão sujeitos. A classificação é necessária para tornar a gestão de resíduos mais eficaz e relativamente à caracterização dos resíduos utiliza critérios de classificação análogos em todos os países membros da UE. A introdução do Catálogo Europeu de Resíduos (CER), e mais tarde da LER, veio revelar-se determinante neste aspecto. A LER divide os resíduos em 20 capítulos e, para além de classificar um maior número de resíduos do que o CER, contém os considerados perigosos devidamente assinalados por um asterisco.



Na LER, os RCD são representados pelo capítulo 17 que, para além dos RCD, inclui os solos escavados em locais contaminados. No entanto, devido à enorme diversidade de materiais utilizados pela indústria de construção, este sector tem necessidade de classificar os seus resíduos em vários capítulos.

Apresentam-se, na Tabela 2, alguns desses capítulos em que os vários resíduos produzidos pela actividade de construção podem ser incluídos.

Tabela 2 - Capítulos da LER nos quais podem ser incluídos os resíduos do sector da construção

Capítulos da lista	Definição
10	Resíduos de processos térmicos
12	Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos
13	Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (excepto óleos alimentares)
15	Resíduos de embalagens, absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de protecção não anteriormente especificados
16	Resíduos não especificados em outros capítulos desta lista
17	Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)
20	Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas selectivamente

De forma a poder contribuir para uma construção sustentável surge a importância de definir os requisitos exigidos para a aplicação dos resíduos na construção em novos materiais e novas aplicações. Assim, a aplicação de agregados reciclados em Portugal deve seguir o estabelecido nas Especificações Técnicas publicadas em 2006 pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) relativas à utilização de RCD nomeadamente em:

- E 471 – 2009: Guia para a Utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos;
- E 472 – 2009: Guia para a Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central;
- E 473 – 2009: Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas Não Ligadas de Pavimentos;

- E 474 – 2009: Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infra-Estruturas de Transporte.

A especificação LNEC E 471 classifica os agregados reciclados grossos abrangidos pela norma NP EN 12620 e estabelece os requisitos mínimos que deverão respeitar para poderem ser utilizados no nosso país no fabrico de betões de ligantes hidráulicos, nas condições prescritas pela norma (LNEC, 2009a).

A especificação LNEC E 472 estabelece recomendações e fixa requisitos para o fabrico e aplicação de misturas betuminosas, abrangidas pela norma EN 13108-8, recicladas a quente em central, utilizando resíduos de misturas betuminosas provenientes de obras de construção, reconstrução, reabilitação e conservação de pavimentos rodoviários e aeroportuários (LNEC, 2009b).

A especificação LNEC E 473 estabelece recomendações e requisitos para a utilização de agregados reciclados, abrangidos pelas normas NP EN 13242 e EN 13285, em camadas não ligadas, ou seja, bases e sub-bases, de pavimentos rodoviários (LNEC, 2009c).

A especificação LNEC E 474 estabelece recomendações e requisitos mínimos para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterros e camadas de leito de infraestruturas de transporte, nomeadamente rodoviárias, aeroportuárias e ferroviárias (LNEC, 2009d). Estes casos, em que o emprego de materiais é menos nobre, poderão provavelmente ser aqueles em que faz mais sentido fazer a substituição de produtos novos por materiais secundários, no sentido da preservação dos recursos naturais.

### **3.2. Soluções adoptadas para Resíduos de Construção e Demolição**

A reutilização e a reciclagem como estratégias de minimização de resíduos oferecem três benefícios: reduzem a procura de recursos naturais, diminuem a energia necessária para a produção de novos materiais e usam resíduos que de outra forma teriam o aterro como destino final. A reutilização é a opção mais desejável em comparação com a reciclagem, porque é mais eficaz na redução do desperdício e na procura de recursos. Ao ser reutilizado, o material recuperado não sofre qualquer tipo de processamento, ao contrário da reciclagem, em que o material usado é reprocessado para a produção de um novo produto similar ou diferente (Mália, 2010). A indústria da construção não tem uma tradição na reutilização ou reciclagem dos resíduos

gerados na construção e actividades de demolição, enquanto que outros sectores começaram a recolha e reciclagem dos seus produtos, como plástico e papel, principalmente devido ao rigor da legislação ambiental referente aos resíduos sólidos urbanos.

É urgente aplicar uma gestão de resíduos abrangente na indústria da construção. Depois de identificar as causas do aparecimento de resíduos na construção, é de grande importância, identificar processos de minimizá-los sendo esta solução a mais favorável à adequada resolução do problema dos resíduos de qualquer origem. De um ponto de vista puramente económico, a reciclagem de RCD só é atraente quando o produto reciclado é competitivo com os recursos naturais, em relação ao custo e à quantidade (Doka, 2007).

De forma a atingir as metas de reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de resíduos fixadas pelos diversos Governos, diferentes soluções tem vindo a ser estudadas por vários autores.

Tam et al. (2010) efectuaram uma revisão das tecnologias de reciclagem do RCD e analisam dez práticas de reciclagem de materiais, que incluem asfalto, tijolo, betão, metal ferroso, vidro, alvenaria, metal não ferroso, papel e cartão, plástico e madeira. A produção de misturas betuminosas com material fresado de pavimentos asfálticos antigos tem como princípio a junção de agregados, betume e material proveniente da remoção de camadas betuminosas, de modo a formar uma mistura homogénea com características muito semelhantes a uma mistura betuminosa tradicional. O restante asfalto fragmentado pode ser ligado com cimento, e utilizando no lugar das sub-bases de areia estabilizada com cimento. No trabalho os autores concluem que sempre que possível, devem reutilizar-se os tijolos inteiros em vez de britá-los para aplicações menos exigentes. No entanto, os tijolos vêm normalmente contaminados com argamassas e muitas vezes são misturados com outros materiais, como madeira e betão. Nestes casos, que são a grande maioria das situações, a separação dos tijolos e posterior limpeza é difícil e morosa, acabando por se tornar dispendiosa. Qualquer contaminação significativa dos tijolos irá tornar a sua reutilização inviável economicamente, já que o custo de limpeza dos tijolos antigos acaba por ser superior ao custo do tijolo natural. Sempre que o agregado reciclado de alvenaria é usado para tijolos de silicato de sódio, a argamassa de cimento aderente aos agregados tem de ser removida por um processo mecânico ou térmico. O material resultante do processo térmico é bastante fino, podendo ser aquecido para a produção de clínquer. A quantidade de CO<sub>2</sub> produzida por este processo é menor do que quando o material natural é usado. Os autores verificam que há um mercado altamente desenvolvido para reciclagem de metais ferrosos em todo o mundo. O

aço é o material mais lucrativo e reciclável. Como as exigências relativamente aos metais ferrosos estão bem definidas, as aplicações do material resultantes são bem aceites em obra. Na Holanda mais de 80% da sucata é reciclada. Os resíduos de betão são reutilizados como agregados em novos betões e o aço introduzido, novamente, como matéria-prima (Doka, 2007).

A Tabela 3 apresenta sumariamente a tecnologia utilizada na reciclagem e os produtos que podem ser criados a partir de RCD.

Tabela 3 – Sumário da tecnologia utilizada na reciclagem de alguns produtos e respectivos produtos reciclados, adaptado de Tam et al. (2006)

Material de RCD	Tecnologia de reciclagem	Produto reciclado
Asfalto	Reciclagem a frio Geração de calor Processo Minnesota Processo de tambor paralelo Tambor alongado Sistema de reciclagem de microondas Regeneração da superfície	Asfalto reciclado Agregado de asfalto
Tijolo	Queima de cinzas Trituração até agregado	Cinza queimada Material de enchimento
Betão	Trituração até agregado	Agregado reciclado Substituto de cimento Filler
Metal ferroso	Fusagem Reutilização directa	Aço reciclado
Vidro	Reutilização directa Moagem Polimento Trituração até agregado Queima de cinzas	Janela Fibra de vidro Material de enchimento Telha Blocos de pavimento Asfalto Agregado reciclado Substituto de cimento Solo
Alvenaria	Trituração até agregado Queima de cinzas	Betão com isolamento térmico Tijolos tradicional de barro Tijolo de silicato de sódio
Metal não ferroso	Fusagem	Metal reciclado
Papel e cartão	Purificação	Papel reciclado
Plástico	Conversão em pó Trituração até agregado Queima de cinzas	Plástico reciclado Tábuas de plástico Agregado reciclado Drenagem de aterro Asfalto Solo
Madeira	Reutilização directa Corte em agregado Desoxidação de alto-forno Gaseificação ou pirólise Moldagem por pressurização	Madeira Móveis e utensílios de cozinha Agregado reciclado leve Fonte de energia Painéis de madeira Tábuas de plástico Placa de isolamento

Como o fluxo de RCD está a aumentar a Holcim Ltd e gtz (2007) realizaram investigações sobre RCD onde identificaram vários tipos de RCD e definiram novos usos. O objectivo, entre outros, é identificar para os RCD um ou mais usos dependendo do processo aplicado.

Na Tabela 4 são identificados alguns RCD habituais e possíveis reutilizações Holcim Ltd e gtz (2007).

Tabela 4 – Alguns RCD comuns e suas possíveis reutilizações, adaptado de Holcim Ltd e gtz (2007)

Material	Processo	Uso final
Betão simples	Trituração	Agregado
Betão fresco	Lavagem para retirar o cimento e recuperar os agregados	Agregado
Betão armado	Trituração e retirada do aço Aço reciclado	O betão triturado é reusado como agregado Novo aço
Tijolo de argila e telhas de cobertura	Limpeza Trituração Pulverização	Reutilizado em alvenaria Agregado Misturado com cal para produzir argamassas
Tijolo de silicato de cálcio	Limpeza Trituração Pulverização	Reutilizado em alvenaria Agregado Reciclado em novo tijolo
Pedra natural de alvenaria	Limpeza Trituração	Reutilizado em alvenaria Agregado
Pedra natural de lajes	Limpeza Trituração	Pavimentação, revestimento Agregado
Telha cerâmica	Limpeza Trituração	Pavimentação, revestimento Agregado
Pavimento em asfalto	Trituração e misturado a frio Trituração e misturado a quente	Base de estrada, material de enchimento Construção de estradas
Mistura de asfalto, tijolo e betão)	Trituração	Base de estrada, material de enchimento
Aço	Limpeza Reciclagem	Reutilizar em componentes de aço Novos componentes de aço
Alumínio	Limpeza Reciclagem	Reutilizar em componentes de alumínio Novos componentes de alumínio
Vigas de madeira, portas, etc	Limpeza	Reutilizar como vigas, portas, etc.
Placas de madeira	Limpeza	Reutilizados como cofragem e outros produtos Matéria-prima para as madeiras
Madeira (mistura)	Corte em tamanhos adequados Trituração	Lenha Solo, combustível, etc.
Plástico	Reciclagem	Novos produtos
Gesso	Limpeza Trituração Reciclagem	Reutilização Condicionador de solo Novos produtos
Vidro	Limpeza Trituração Reciclagem	Reutilizar para janelas, espelhos, etc. Agregado Novos produtos
Equipamentos eléctricos e sanitários	Limpeza Separação em componentes individuais para facilitar a reciclagem	Reutilizar Novos produtos
Isolamento	Limpeza Reciclagem	Reutilizar Novos produtos
Material de embalagem	Reciclagem	Novo material de embalagem

Devido à elevada quantidade de RCD gerados na Alemanha, a Cowam elaborou um estudo sobre o fluxo de RCD, onde são apresentadas fichas técnicas que apresentam as propriedades do material do fluxo (resíduo) e o seu potencial uso. No projecto é sugerido a reutilização de resíduos de betão como camada de enchimento na construção de estradas após estes serem triturados/ britados. Segundo o estudo este resíduo pode ser, ainda, utilizado como camada de superfície em estradas rurais não asfaltadas. No entanto, o estudo, também, indica que o resíduo de betão britado pode ser utilizado na manufactura de novo material de betão ou como material drenante. O metal é um produto reciclável que não perde qualidade no processo. Na Alemanha a poupança das emissões de gases de efeito de estufa associadas ao aço reciclado são significativas. Por cada tonelada de sucata usada, poupa-se 1,5 toneladas de minério de aço, 0,5 toneladas de carvão e, também, há economia no transporte. A produção de ferro com sucata de ferro requer 90% menos de energia do que com materiais virgens de aço. O tijolo pode entrar novamente no mercado como enchimento de base na construção de estradas, como material de superfície em estradas não pavimentadas em áreas rurais ou substituir um agregado em betão de baixa densidade (Swiss Agency, 1998).

À semelhança da Cowam, também, Montecinos et al. (2006) compilaram informação sobre os RCD na Dinamarca e apresentaram fichas técnicas para os resíduos tijolo, madeira, PVC. Nas fichas técnicas são identificados os seguintes elementos: o material, a sua origem, métodos de selecção e separação dos resíduos, legislação e regulamentos aplicáveis e soluções para os resíduos e respectivas empresas.

Igualmente Horvarth (2004) concluiu que embora existam muitos processos viáveis para reciclar materiais de construção, na prática, apenas asfalto, cimento, aço, alumínio, e madeira foram reciclados em volumes significativos nos Estados Unidos devido ao seu valor de mercado. Nos Estados Unidos a reciclagem de betão, também, tem potencial para reciclar. Na Tabela 5 são identificados os potenciais usos para RCD sugeridos por Horvath (2004).

Tabela 5 – Uso potencial de RCD, adaptado de Horvarth (2004)

Material	Potencial uso
Madeira	Reutilizar para combustível, cama para animais, fabricar produtos de construção, composto.
Tijolo	Reutilizar, triturar para agregados.
Asfalto	Novo asfalto ou utilização como nova camada em estradas
Betão	Triturar para utilizar como camada em estradas, fundações, enchimentos, agregado para asfalto ou betão.
Gesso	Reutilizar no solo.
Cobertura	Reutilizar em telhas.
Metal	Utilizar a sucata como matéria-prima.
Plástico	Tábuas de plástico, barreiras rodoviárias, cones de trânsito

Batayneh et al. (2007) abordaram o problema dos resíduos que são gerados a partir das obras de construção, como betão, vidro, plástico, etc. A fim de reduzir a quantidade de resíduos, tem sido sugerido a reutilização de alguns para substituir as principais matérias-primas utilizadas no cimento portland. Os materiais considerados no estudo foram o vidro, plásticos e betão. Essa reciclagem não só ajuda a conservar os recursos naturais, mas também ajuda a resolver o aumento de resíduos. Plásticos e vidro foram usados para substituir 20% dos agregados finos nas misturas de betão, enquanto que o betão triturado foi usado para substituir até 20% dos agregados graúdos. Para avaliar essas substituições nas propriedades das misturas resultantes foram realizados vários testes laboratoriais que incluíam trabalhabilidade, peso, resistência à compressão, resistência à flexão e resistência à tracção. As principais conclusões desta investigação revelaram que os três tipos de resíduos podem ser reutilizados com sucesso, como substitutos parciais de areia ou agregados graúdos em misturas de betão.

Huang et al. (2002) identificaram 3 fluxos de resíduos que são gerados no processo de selecção de RCD. O fluxo A corresponde a areia e solo fino com diâmetro inferior a 20mm, o fluxo B consiste em gravilha, cascalho e seixos. O fluxo C é composto por tijolo, pedra e mistura de betão. Para estabelecer os destinos para estes três tipos de fluxos Huang et. Al (2002) realizarm testes para definir as características físicas e químicas resultantes de forma a identificar o seu potencial uso como matéria secundária. Neste estudo pode-se concluir que os fluxos A e B não são adequados para o uso de agregados de betão em projectos de construção, é necessário novo reprocessamento dos fluxos para atingir as exigências de qualidade para serem reutilizados. As partículas finas retiradas dos fluxos A e B não podem ser utilizadas como agregado leve em betão

estrutural, devido às impurezas detectadas nos resíduos. Usar a parte fina do fluxo A como material de construção em camadas de aterro é possível, mas contudo, segundo o autor, é necessário remover as impurezas. O produto retirado do fluxo B é adequado para ser utilizado como camada de cobertura em aterros e se as impurezas forem retiradas de antemão pode ser utilizado como material de aterro. No fluxo C o autor sugere que seja utilizado com sub-base em novos pavimentos.

Sendo o betão o material mais usado à face da Terra e, conseqüentemente, um dos maiores constituintes dos RCD, é fundamental encontrar soluções que permitam a sua reciclagem. Os resíduos de betão, dependendo da sua qualidade, podem ser utilizados como agregado reciclado para o fabrico de betão novo ou como camada de base de pavimentos rodoviários (Doka, 2007).

Tam (2009) visitou duas obras de construção, três obras de demolição, três empresas de reciclagem e um aterro para analisar as práticas de reciclagem de RCD e verificou que 80 a 100% dos RCD eram reciclados, como exemplo, refere-se que o betão era triturado, transformava-se em agregado e utilizado na própria obra. Verificou que a utilização mais comum do resíduo de betão era o agregado ser reutilizado como novo material não estrutural como, por exemplo, na drenagem ou na construção de pavimentos. Nos casos de estudo analisados o resíduo aço era vendido de novo e voltava ao mercado.

Mais tarde, Tam et al. (2010) identificaram os benefícios do uso de betão reciclado, tais como:

- Diminuição da necessidade de novos aterros, economia na utilização dos materiais naturais;
- Redução do custo da obra utilizando esses materiais reciclados;
- Poupança no custo de transporte entre a obra e a zona de reciclagem, sempre que seja possível, as máquinas de reciclagem poderem ser deslocadas para a obra;
- Estimulação da melhoria contínua da reciclagem de betão;
- Consciencialização para a reciclagem de betão, como a selecção de recursos adequados, técnicas de treino nessa reciclagem em conformidade com os regulamentos.

Tudo isto conduz ao aumento da competitividade das empresas em geral e a novas oportunidades de negócio, à melhoria da gestão e comunicação de informações sobre reciclagem de betão.

No estudo estão identificadas, ainda, as dificuldades encontradas por Tam et al. (2010):



- Valor elevado do processo de separação de resíduos;
- Os custos elevados do transporte do material reciclado da obra para a zona de reciclagem;
- A dificuldade em levar o equipamento de reciclagem para a obra;
- A dificuldade em formar equipas para realizar o processo de reciclagem;
- O aumento dos custos de gestão;
- O processo de reciclagem que é demorado no tempo útil do projecto;
- O aumento da burocracia;
- A alteração de práticas existentes dentro da organização;
- A falta de pessoal;
- O custo elevado no uso de material reciclado;
- A deficiente qualidade do material reciclado;
- A aplicação limitada do uso de produtos de betão reciclado;
- O desequilíbrio na oferta e procura de produtos reciclados;
- O insuficiente investimento em investigação;
- A falta de apoio sobre as tecnologias a aplicar;
- A falta de apoio dos clientes;
- A falta de apoio financeiro do governo;
- Um número limitado de empresas de reciclagem de betão;
- A falta de entendimento entre a indústria da construção e o governo que se reflecte na falta de requisitos regulamentares.

Richardson (2010) após ter estudado várias amassaduras de betão com diferentes composições, conclui que a mistura de 50% dos agregados naturais com 50% do agregado reciclado parece ser a melhor opção atingindo a força de compressão desejável e sem necessidade de adicionar cimento/ ligante. Como resultado referiu que a melhor utilização para agregado reciclado, realizado a partir de RCD, é ser aplicado num betão não estrutural.

O objectivo do estudo de Rocha et al. (2008) era o estudo da viabilidade de utilização de resíduos de betão como agregado para o fabrico de novos betões, visando a sua aplicação prática na indústria da construção, em particular, na produção de elementos pré-fabricados do tipo pré-lajes de betão com fins estruturais ou semi-estruturais. Os agregados utilizados no estudo foram obtidos por britagem de resíduos de betão demolido. Com os resultados obtidos os autores concluíram:

- A resistência à compressão do betão com agregados reciclados não foi afectada pela menor resistência mecânica dos agregados reciclados, tendo-se mesmo observado uma resistência à compressão do betão com agregados grossos reciclados ligeiramente superior à encontrada no betão corrente.
- A resistência à tracção do betão com agregados reciclados é ligeiramente inferior à do betão de referência, o mesmo acontecendo com o módulo de elasticidade. Os resultados encontrados para o módulo de elasticidade do betão com agregados grossos reciclados foram cerca de 15% inferiores aos obtidos para o betão corrente, o que se deve essencialmente à maior deformabilidade da argamassa aderida que constitui o agregado reciclado.
- Os elementos pré-fabricados em betão produzido exclusivamente com agregados grossos reciclados, apresentam comportamento estrutural à flexão semelhante ao observado em elementos análogos em betão convencional. Nos ensaios à flexão, em quatro pontos, as pré-lajes em betão com agregados grossos reciclados evidenciaram um momento último mais elevado e uma maior capacidade de deformação.
- O padrão de fendilhação foi bastante semelhante em ambos os betões, observando-se um maior número de fissuras com um menor espaçamento médio entre elas no caso do betão com agregados grossos reciclados, o que evidencia uma boa aderência entre o betão e as armaduras.

A construção de pavimentos é um dos maiores consumidores de recursos naturais, por isso a reciclagem de pavimentos ou o uso de materiais reciclados representa uma oportunidade importante para reduzir o uso de materiais virgens, conservar energia e desviar materiais dos aterros (Horvath, 2004).

Baptista et al. (2006) concluíram que as misturas compactadas em laboratório apresentaram um desempenho que veio confirmar que as misturas recicladas a quente com incorporação de fresado são totalmente confiáveis, pois apresentam um desempenho satisfatório quando comparado com o das misturas tradicionais. Baptista et al. (2006) fizeram uma avaliação das características de deformabilidade das misturas, do seu comportamento à fadiga e à deformação permanente. O autor observou que a percentagem de betume total deverá ser idêntica à das misturas tradicionais, independentemente da taxa de reciclagem. As misturas compactadas em laboratório apresentaram um desempenho que veio confirmar que as misturas recicladas a quente com incorporação de fresado são totalmente confiáveis, pois apresentam um

desempenho satisfatório quando comparado com o das misturas tradicionais. Os autores concluíram que é desejável que a reciclagem a quente em central constitua uma efectiva alternativa tecnológica para a reabilitação de pavimentos rodoviários flexíveis em Portugal.

A Bowman & Associates Pty Ltd (2009) testou uma secção de pavimento constituída por betão reciclado e conclui que há uma redução de 33% nas emissões de gases de efeito estufa na execução de uma camada base de uma estrada fabricada com betão reciclado em relação ao agregado virgem.

Coelho et al. (2011) referiram que a reciclagem de agregados inertes é utilizada na construção de estradas e sendo este de longe o principal destino dos resíduos de construção e demolição, especialmente agregados resultantes de resíduos de betão, pedra e alvenaria cerâmica, telhas e azulejos. O fabrico de betão com agregados reciclados tem encontrado dificuldades na sua implementação, essencialmente devido à enorme demanda desses agregados para a construção de estradas, devido a questões relacionadas com a qualidade técnica mencionada nos regulamentos de construção, o seu custo em competição com agregados virgens, e a falta de conhecimento e consciencialização dos profissionais envolvidos.

A mudança contínua da composição dos RCD, devido ao tipo de edifício construído, ao leque de materiais nele utilizado, afecta de um modo relevante os métodos de tratamentos dos RCD e respectivas possíveis utilizações (Huang et al., 2002).

Torgal et al. (2010) no seu livro apresentaram uma revisão bibliográfica de artigos sobre a sustentabilidade dos materiais de construção. Os autores concluíram que a substituição parcial de cimento Portland por resíduos ou sub-produtos industriais constitui presentemente a forma mais eficaz de reduzir, quer os impactos ambientais do betão quer mesmo os da deposição desses resíduos. Na opinião dos autores as investigações realizadas até ao momento apontam para a possibilidade de incorporação de elevados volumes de aditivos pozolânicos no betão sem que isso resulte na redução da sua durabilidade. Antes pelo contrário, no que respeita à substituição de agregados naturais por agregados reciclados comprova-se que a regulamentação técnica anda muito atrás da investigação produzida até ao momento. Ainda não se tornou uma situação de rotina no sector da construção, algo que terá, na opinião dos autores, a ver quer com a oferta de agregados naturais a preços extremamente competitivos, quer também com a inexistência de taxas de deposição suficientemente elevadas que a inibam, quer mesmo pelo facto desta tecnologia não estar suficientemente disseminada.

Existe um enorme campo a explorar no que se refere à utilização de RCD como substituto de matérias-primas. Os resultados obtidos até ao momento nos vários estudos efectuados e por diversos investigadores são interessantes e promissores. Todos os autores são unânimes, através das conclusões tiradas nos vários estudos realizados, quanto ao valor intrínseco dos RCD, concluindo que potenciam um elevado valor quanto à sua utilização como uma nova matéria-prima.

## 4. Avaliação de Ciclo de Vida

### 4.1. Contextualização

Existe a consciência de que qualquer produto, processo ou actividade produz impactes no ambiente. Para qualquer produto ou serviço existe o termo Ciclo de Vida, que designa todas as etapas consecutivas e interligadas de um sistema ou produto, desde a obtenção de matérias-primas ou sua produção a partir de recursos naturais até ao destino final (Ortiz, 2009). Desde que são extraídas as matérias-primas até à sua devolução à Natureza, torna-se necessário, para avaliar ambientalmente um produto, utilizar uma metodologia que contabilize a totalidade de interações que ocorrem nos diferentes processos utilizados, e muitas vezes em espaços e instantes distintos. A avaliação deste conjunto de aspectos e impactes tem sido o papel desempenhado pela ACV. A ACV, internacionalmente, designada por Life Cycle Assessment (LCA) constitui uma técnica de avaliação do impacte ambiental associado a um produto ou sistema ao longo do seu ciclo de vida. O termo "produto" inclui não apenas sistemas de produtos, mas pode também incluir sistemas de serviços como por exemplo, sistemas de gestão de resíduos. Os impactes ambientais são determinados pela entrada e saída de materiais e energia no sistema, em cada fase do Ciclo de Vida do produto. Esses impactes ambientais, depois de identificados, são agrupados em diferentes categorias.

Nas décadas de 1960 e 1970 a abordagem do Ciclo de Vida de um produto ou serviço era utilizada para explicar o uso da energia acumulada e para estimar as emissões produzidas e os custos económicos associados às tecnologias de energia. No presente momento, a ACV é usada para estimar os impactes reais das emissões ambientais dos processos utilizados e produtos produzidos ao longo do Ciclo de Vida de um produto. Com o aumento das aplicações da ACV surge a necessidade de criar normas e organizações como a Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), the United Nations Environmental Program (UNEP) e da International Organization for Standardization (ISO) que desempenham um papel importante publicando vários livros, manuais e guias. Em 1997 a International Organization for Standardization (ISO) publica a primeira edição da norma ISO 14040, onde os assuntos ACV são abordados (Marsmann, 1997). A série 14040 (ISO 14040:1997, ISO 14041:1999, ISO 14042:2000, ISO 14043:2000) é um passo importante para consolidar os requisitos, estrutura e metodologias para a condução de estudos de ACV (Finkbeiner et al. 2006). Em 2006 a ISO faz uma revisão à série 14040 com a emissão de

uma segunda edição da norma ISO 14040 e publica a ISO 14044, reorganizando as normas originais 14040-43.

A

Figura 4 apresenta a reorganização das normas ISO 14040-43.

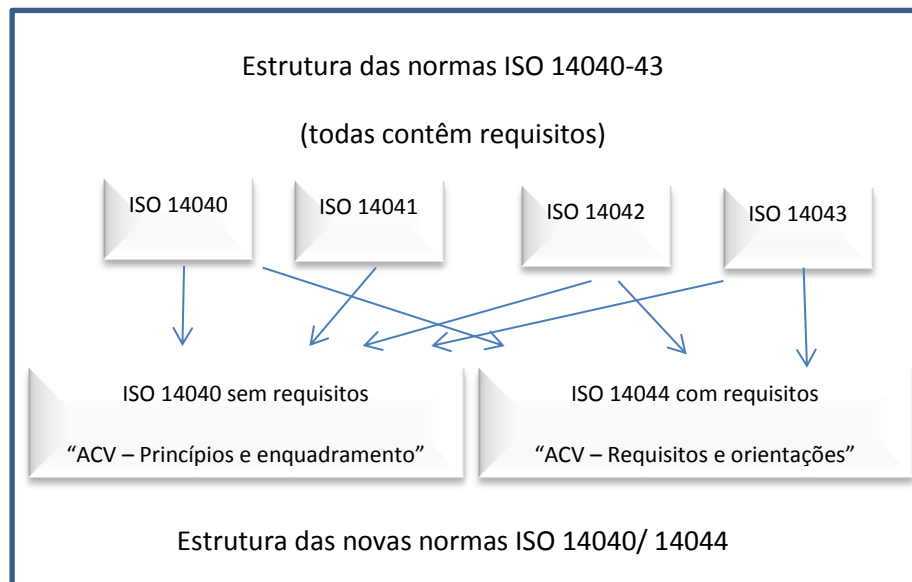


Figura 4 - Reorganização das normas ISO 14040-43, adaptado Finkbeiner et al. (2006)

O termo ACV refere-se a todas as etapas e processos de um sistema de produção ou de serviços, englobando a cadeia de produção e consumo, abrangendo consumos de energia, matérias-primas, produtos auxiliares, aspectos relativos aos sistemas de transportes e logística, características da utilização, manuseamento, embalagem, marketing e consumo, resíduos gerados e respectiva reciclagem ou outro destino final. A ACV pode ser útil em relação aos seguintes aspectos (ISO, 2006):

- Na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho ambiental dos produtos em vários pontos do seu Ciclo de Vida;
- Na informação aos decisores na indústria, em organizações governamentais e não governamentais;
- Na selecção de indicadores de desempenho ambiental relevante, incluindo técnicas de medição;

- No marketing.

A ACV dos diferentes produtos é uma técnica importante já que a escolha das opções de projecto mais viáveis do ponto de vista ambiental exige o conhecimento de todas as etapas da vida do produto, além de considerar todos os factores e níveis dos componentes do processo de produção. Com efeito, sem o conhecimento do Ciclo de Vida dos produtos, só é possível resolver problemas parciais. A metodologia, ou, mais especificamente, a técnica de ACV preconiza que se realize a avaliação ambiental tendo como objectivo não o processo em si, mas o produto, ou melhor, a função que este se propõe cumprir (Ferreira, 2007). A preocupação ambiental respeitante a um determinado produto, existe principalmente durante a sua produção, ou seja, durante os processos industriais que levam à obtenção do produto acabado, mas tem-se verificado a extensão da avaliação dos produtos, a todo o seu Ciclo de Vida (Guinée, 2002).

Não existe uma metodologia única para a realização da ACV. As organizações têm flexibilidade para implementar a ACV tal como estabelecida na norma ISO14040, de acordo com a aplicação e os requisitos da organização (ISO, 2006).

## **4.2. Fases de uma ACV**

### **4.2.1. Definição do objectivo e âmbito**

A ACV considera todo o Ciclo de Vida de um produto e inicia-se com a definição do objectivo do estudo e âmbito do mesmo, a unidade funcional a adoptar, as fronteiras do sistema, as estimativas e limitações e os métodos de alocação que serão usados, bem como as categorias de impacto que serão consideradas.

Como referido, a ACV segue a norma internacional ISO 14040. A metodologia da ACV baseia-se em quatro fases: definição do objectivo e do âmbito, inventário, avaliação do impacto e interpretação como apresentado na Figura 5 (ISO, 2006).

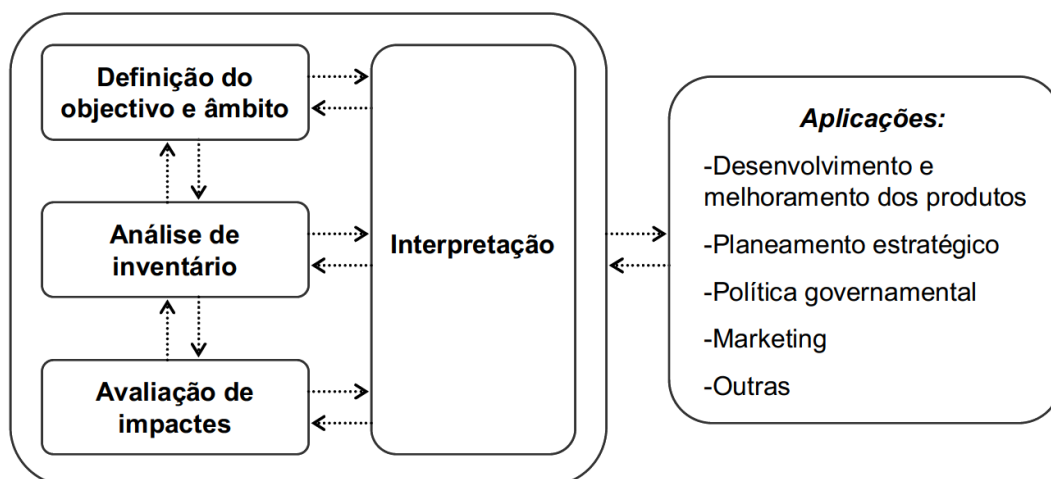


Figura 5 – Fases de uma ACV, adaptado da EN ISO 14040:2008

O nível de detalhe e o enquadramento temporal de uma ACV poderão variar muito, consoante a definição do objectivo e âmbito (ISO, 2006).

O objectivo da ACV tem como finalidade avaliar a totalidade dos danos ambientais que podem ser atribuídos, ao estudo a realizar para sermos capazes de escolher o processo ou produto que gera menos impactes. É uma forma de contabilizar os efeitos produzidos pelas diferentes tecnologias responsáveis pela obtenção de bens e serviços. Através do acompanhamento da ACV, mede-se com exactidão os impactes da tecnologia utilizada para a produção de bens.

A ISO 14040 descreve os princípios e o enquadramento da ACV, que são (ISO, 2006):

- A definição do objectivo e do âmbito da ACV;
- A fase do inventário do Ciclo de Vida;
- A fase da avaliação de impacto do Ciclo de Vida;
- A fase da interpretação do Ciclo de Vida;
- Elaboração do relatório e revisão crítica da ACV;
- Limitações da ACV;
- A relação entre as fases da ACV;
- Condições para a utilização de escolhas de valor e de elementos opcionais.



Na fase de definição do objectivo do estudo seis aspectos devem ser documentados (JLR, 2010):

- A aplicação pretendida;
- As limitações devido ao método e pressupostos utilizados;
- As razões para a realização de estudo;
- O público-alvo, isto é, a quem se pretende comunicar os resultados do estudo;
- Se os resultados se destinam a ser utilizados em afirmações comparativas para divulgação pública;
- Identificar os autores e co-autores.

O âmbito do estudo deverá ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o seu nível de detalhe são compatíveis e suficientes para se atingir o objectivo definido. Esta definição do âmbito tem de estar em conformidade com o objectivo do estudo, ou seja, com os motivos do estudo, o contexto de decisão, a aplicação pretendida e os destinatários dos resultados. Nesta fase os seguintes aspectos devem ser claramente definidos (JLR, 2010):

- O tipo(s) de produto(s) e respectiva aplicação;
- O sistema ou processo que é estudado, as suas funções, unidade funcional e fluxos;
- Os limites do sistema;
- Selecção das categorias de impacto e dos métodos ACV a aplicar;
- Selecção da qualidade dos dados e informações;
- Planeamento da apresentação dos resultados.

A unidade funcional é a unidade de referência quantitativa à qual todos os fluxos de entradas e saídas na ACV estão relacionados (ISO, 2006). A unidade funcional deve ser especificada, porque se trata da maneira de assegurar que no caso de ser necessário realizar comparações entre estudos a comparação é correcta. O objectivo principal de uma unidade funcional é fornecer uma referência à qual as entradas e saídas estejam relacionadas. Esta referência é necessária para assegurar a comparabilidade dos resultados da ACV. A comparabilidade dos resultados da ACV é particularmente crítica quando se avaliam sistemas diferentes, para que se possa garantir que tais comparações são efectuadas com uma base comum. No caso da gestão de resíduos, a unidade poderia ser, por exemplo, o tratamento de uma tonelada de resíduos, ou o tratamento de todos os resíduos no espaço de um ano para uma área de estudo, ou outra. É importante para o estudo definir o horizonte do estudo, ou seja por exemplo, durante quanto tempo as emissões serão

estudadas ou o que acontece com as substâncias remanescentes após este período (McDouglas et al., 2001). É importante referir que nem todos os estudos de ACV têm uma unidade funcional clara e única, como por exemplo, no caso de uso de um equipamento que poderá ter mais do que um uso. Nesse caso é relevante quantificar e identificar um fluxo com informação mais detalhada.

A fronteira do sistema define os processos unitários a serem incluídos no sistema sendo necessário especificar o que está incluído e o que está excluído do estudo. A fronteira do sistema define os aspectos sobre os quais será realizada a análise das etapas do Ciclo de Vida do produto. Idealmente, o sistema de produto deverá ser moldado de tal forma que as entradas e saídas dos fluxos na sua fronteira sejam fluxos elementares. Os critérios de exclusão de fluxos utilizados num estudo deverão ser claramente compreendidos e descritos (ISO, 2006).

Na definição da fronteira do sistema deverão ser consideradas várias etapas do Ciclo de Vida do produto, processos unitários e fluxos, como por exemplo os seguintes:

- Obtenção de matérias-primas;
- Entradas e saídas na sequência principal de fabrico/ processamento;
- Distribuição/ transporte;
- Produção e utilização de combustíveis, electricidade e calor;
- Utilização e manutenção de produtos;
- Destino final de resíduos do processo e de produtos;
- Recuperação de produtos usados (incluindo reutilização, reciclagem e recuperação de energia);
- Fabrico de materiais auxiliares;
- Fabrico, manutenção e desactivação do equipamento;
- Operações adicionais, tais como iluminação e aquecimento.

Em muitos casos, a fronteira de sistema inicialmente definida terá, subsequentemente, de ser redefinida (Ortiz, 2009).

Numa ACV de um produto é normalmente realizada a análise do berço até ao destino final, o que significa que todas as emissões são contabilizadas a partir da extracção da matéria-prima, passando pela produção, distribuição, utilização e a eliminação (McDouglas et al., 2001). O estudo pode considerar todas as etapas ou etapas isoladas.

#### 4.2.2. Inventário do Ciclo de Vida

O inventário do ciclo de vida (ICV) constitui a segunda fase da ACV. É um inventário dos dados de entrada/ saída relativo ao sistema em estudo e envolve a recolha dos dados necessários para atingir os objectivos definidos para o estudo. O inventário envolve, além de, procedimentos de recolha de dados e de cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes de um sistema de produto. O processo de realização de um inventário é interactivo. À medida que os dados são recolhidos e se aprende mais sobre o sistema, poderão ser identificados novos requisitos de dados ou limitações que exigem alterações nos procedimentos de recolha dos dados de forma a que os objectivos do estudo possam ainda ser alcançados. Por vezes, poderão ser identificados aspectos que conduzam à revisão do objectivo ou do âmbito do estudo (Ortiz, 2009).

A análise do inventário é a fase onde todas as emissões para o ambiente, a energia produzida e consumida e o uso e consumo de recursos são contabilizados. Este é uma das principais funcionalidades dos modelos ACV, porque é onde se reúnem todos os dados necessários para a terceira etapa do ACV (avaliação de impacte) (McDouglas et al., 2001).

Para cada processo unitário dentro das fronteiras do sistema, os dados podem ser classificados em grandes categorias, incluindo (ISO, 2006):

- Entradas de energia, entradas de matérias-primas, entradas auxiliares, outras entradas físicas;
- Produtos, co-produtos e resíduos;
- Emissões para o ar, descargas para a água e para o solo;
- Outros aspectos ambientais.

A recolha de dados pode ser um processo intensivo em termos de recursos. As restrições práticas na recolha de dados deverão ser consideradas no âmbito do estudo e documentadas no relatório do estudo.

Após a recolha de dados são necessários procedimentos de cálculo, incluindo:

- Validação dos dados recolhidos;
- Relação dos dados com os processos unitários;
- Relação dos dados com o fluxo de referência da unidade funcional.

Estes procedimentos são necessários para produzir os resultados do inventário do sistema definido para cada processo unitário e para a unidade funcional definida do sistema de produto a ser modelado (ISO, 2006).

Em alguns estudos de ACV o processo unitário pode fornecer dados para mais de uma função, ou seja, obter dados para diversos bens ou serviços, é exemplo disso, o tratamento de diferentes resíduos numa incineradora que resulta na produção de energia e de outros produtos. Neste caso como apresentado na Figura 6 um processo tem com várias entradas, recursos consumidos, vários resíduos gerados e emissões, como também, com a produção de dois produtos A e B (JLR, 2010).

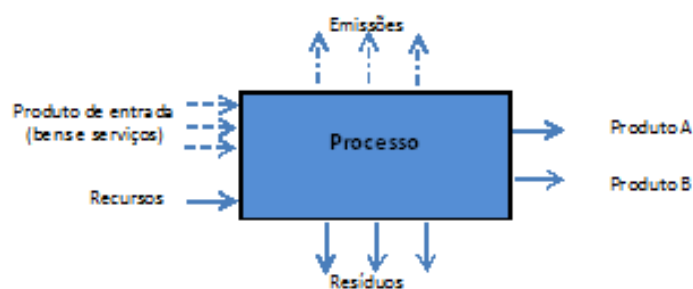


Figura 6 – Processo multi-funções, adaptada JLR (2010)

Poucos processos industriais produzem apenas uma saída ou são baseados numa linearidade de entradas e saídas de matérias-primas. De facto, a maioria dos processos industriais produz mais do que um produto e recicla produtos intermédios ou outros rejeitados como matérias-primas. Quando se lida com sistemas que envolvam produtos múltiplos e sistemas de reciclagem, deverá ser considerada a necessidade de processos de alocação. A alocação definida como a imputação dos fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e um ou mais outros sistemas de produto (Ortiz, 2009).

O problema é decidir que parte das cargas ambientais da actividade deve ser atribuída ao produto investigado. Ekvall e Finnveden (2001) executaram uma revisão do procedimento para alocação na fase de inventário e demonstraram que existem diferentes abordagens para o problema de alocação. Os autores demonstram, ainda, que das diferentes abordagens resulta informação diferente. Para os autores os problemas de alocação são dificilmente eliminados, mas podem ser reduzidos se for realizada uma subdivisão dos casos em estudo ou, ainda, através da expansão do sistema. Os autores concluem no seu estudo que algumas das suas sugestões de

alocação não são tidas em conta nas normas ISO e os problemas de alocação são raramente eliminados, são apenas reduzidos.

#### **4.2.3. Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida**

A AICV é definida como sendo um processo técnico, quantitativo e/ou qualitativo, para caracterizar e avaliar os efeitos das cargas ambientais identificadas na componente inventário (ISO, 2006). Na ACV, a análise de impacte pode servir dois objectivos, tornar os dados de inventário mais relevantes pelo aumento do conhecimento acerca dos potenciais impactes ambientais e facilitar a agregação e interpretação dos dados de inventário em formas que sejam mais maneáveis e significativas para a tomada de decisão. Para uma AICV, os impactes são definidos como as consequências causadas pelos fluxos de entrada e de saída de um sistema na saúde humana, plantas e animais, ou a disponibilidade futura dos recursos naturais.

A fase de AICV é a terceira fase da ACV. A finalidade é fornecer informação adicional que auxilie a avaliação dos resultados do ICV de um sistema de produto para melhor compreender a sua significância ambiental. A AICV imputa os resultados do ICV às categorias de impacte para cada categoria, é seleccionado um indicador de categoria de impacte do Ciclo de Vida e é calculado o resultado do indicador de categoria. O conjunto dos resultados da AICV ou perfil de AICV fornece informação relativa às questões ambientais associadas às entradas e saídas do sistema de produto (ISO, 2006). O procedimento visa agregar os factores de impacte em categorias de impacte, através de um modelo apropriado, de modo a permitir um estudo comparativo das diferentes opções. Nesta fase os dados são interpretados em termos dos seus impactes ambientais, como por exemplo, acidificação, eutrofização, toxicidade, aquecimento global. Nesta fase pretende-se saber "quanto" vale o impacte e com o objectivo de avaliar o impacte podem ser usadas várias metodologias (McDouglas et al., 2001).

A fase da AICV fornece informação para a fase de interpretação do Ciclo de Vida (Finnveden et al., 2005). A divisão da fase de AICV em elementos diferentes é útil e necessária por diversas razões, que se enumeram (ISO, 2006):

- Cada elemento da AICV é distinto e pode ser claramente definido;
- A fase de definição do objectivo e do âmbito de uma ACV pode considerar cada elemento da AICV separadamente;

- A avaliação da qualidade dos métodos, pressupostos e outras operações da AICV pode ser realizada para cada elementos da AICV;
- Os procedimentos, pressupostos e outras operações da ACIV em cada elemento podem ser tornadas transparentes para a revisão critica e relato;
- A utilização de valores e subjectividade em cada elemento pode ser tornada transparente para revisão crítica e relato.

O nível de detalhe, a escolha dos impactes avaliados e as metodologias utilizadas dependem do objectivo e do âmbito do estudo. Os elementos obrigatórios e opcionais da fase de AICV estão ilustrados na Figura 7 (ISO, 2008).

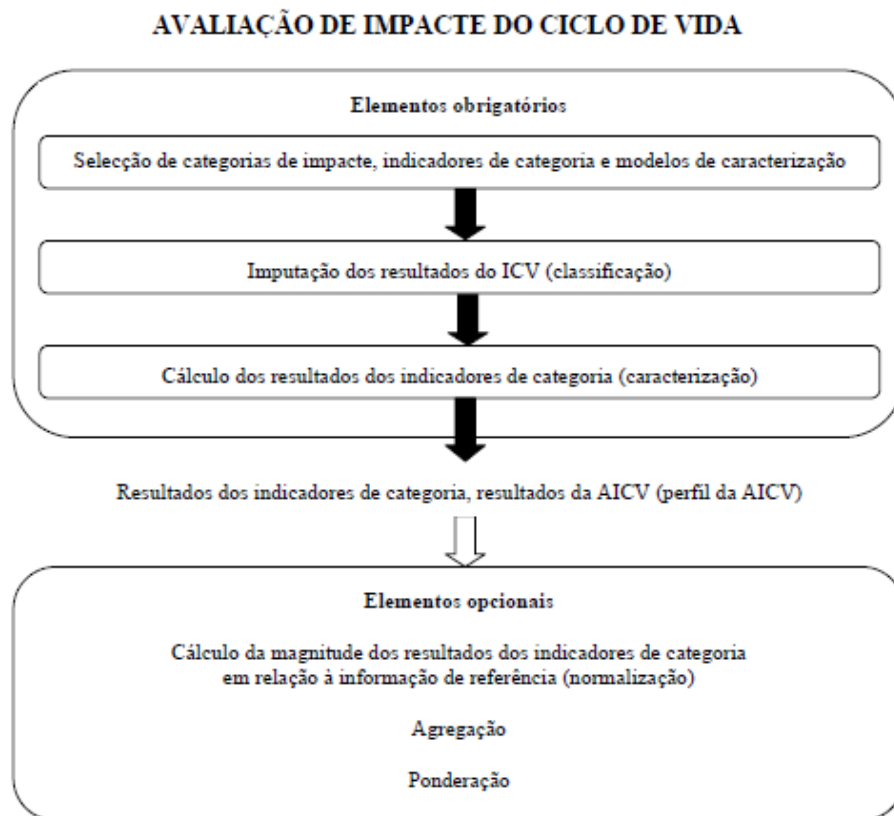


Figura 7 – Elementos da fase da AICV, retirada ISO (2008)

De acordo com a ISO 14040 os elementos obrigatórios são:

- Selecção de categorias de impacte, indicadores de categoria e modelos de caracterização;
- Imputação dos resultados ICV (classificação);

- Cálculo dos resultados dos indicadores de categorias (caracterização).

Após a selecção das categorias de impacte, indicadores de categorias e modelos de caracterização, faz-se a classificação dos dados dos inventários que são seleccionados e atribuídos a categorias de impacte específicas. Na etapa seguinte, caracterização, os dados do inventário são multiplicados por factores de equivalência para cada categoria de impacte.

Como podemos observar na

Figura 8 está representado o conceito de indicadores de categorias (ISO, 2010a).

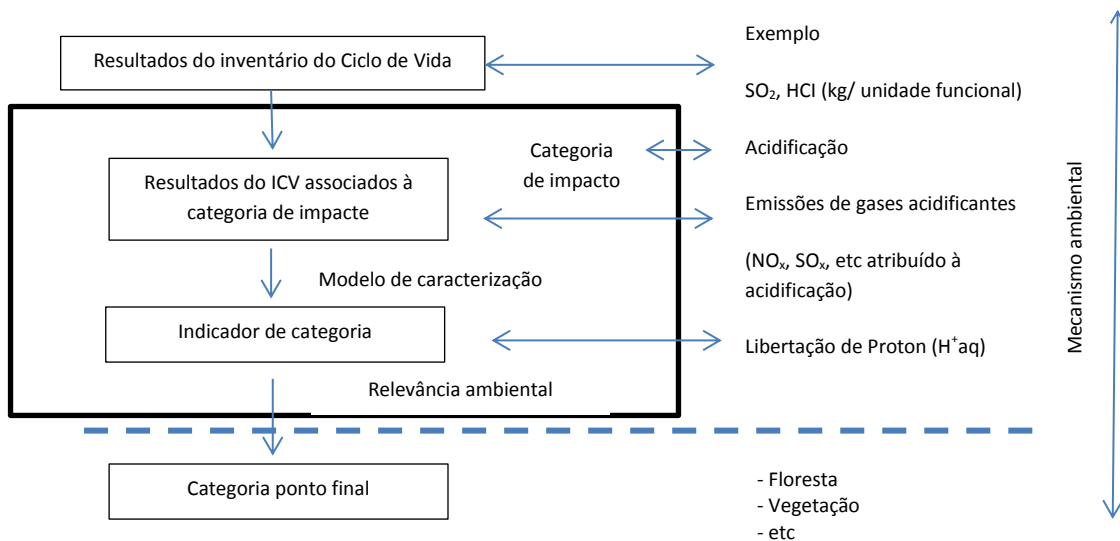


Figura 8 – Conceito de indicadores de categorias, adaptada ISO (2010a)

A fase de classificação dos dados dos inventários estabelece a correspondência entre um conjunto de intervenções ambientais listadas na tabela de inventário e um conjunto de categorias ambientais. As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>), podem ser englobadas

na categoria de impacte de aquecimento global, assim como as emissões de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e amónia (NH<sub>3</sub>) podem ser agrupadas na acidificação. É de referir que se pode ligar emissões a mais do que uma categoria de impacte, como é o exemplo do SO<sub>2</sub>.

A fase de caracterização utiliza factores de conversão, os chamados factores de caracterização, que convertem e combinam os resultados ICV, em indicadores representativos dos impactes, como por exemplo, na saúde humana. A caracterização fornece uma maneira de comparar directamente os resultados ICV dentro de cada categoria de impacte. Por outras palavras, os factores de caracterização traduzem as entradas do inventário em diferentes indicadores de impacte directamente comparáveis. A caracterização é a fase na qual os valores do indicador são calculados para cada categoria de impacte, utilizando factores de caracterização.

Por exemplo, todos os GEE podem ser expressos em termos de CO<sub>2</sub> equivalente, multiplicando os resultados do ICV por um factor de caracterização de CO<sub>2</sub> equivalente, em seguida, somando os indicadores de impacte. Deste modo obtém-se um indicador global do potencial de aquecimento global.

Normalização, agregação e ponderação são elementos opcionais do AICV (ISO, 2006). A normalização dos resultados do indicador é, segundo a ISO um elemento opcional da fase de AICV, que tem como objectivo compreender melhor a magnitude relativa de cada resultado do indicador do sistema de produto em estudo. Normalizar os resultados do indicador é calcular a sua magnitude relativamente a uma informação de referência, que pode ser útil, por exemplo, para verificar inconsistências, prover e comunicar informação numa significância relativa do resultado dos indicadores e preparar para procedimentos adicionais, tais como, agrupamento, ponderação ou interpretação do Ciclo de Vida (ISO, 2010a).

A agregação é também, segundo a ISO, um elemento opcional da fase de AICV e compreende a atribuição das categorias de impacte numa ou mais séries, como pré-definido na definição dos objectivos e âmbito, e pode envolver separação e/ou ordenação. Os procedimentos de agregação possíveis são (ISO, 2010a):

- Separar as categorias de impacte numa base nominal, como por exemplo, pelas características, tais como, emissões e recursos ou por escalas espacial, global, regional e local;
- Ordenar as categorias de impacte numa dada hierarquia, como por exemplo, prioridade alta, média e baixa. A ordenação é baseada na escolha de valores.



A ponderação é, de acordo com a ISO14040, um elemento opcional da fase de AICV, no qual são atribuídos pesos ou valores relativos às diferentes categorias de impacto baseado na sua importância ou relevância percebida, de acordo com os seguintes procedimentos possíveis (ISO, 2010a):

- Converter os resultados do indicador ou resultados normalizados com factores de peso seleccionados;
- Possivelmente agregar estes resultados do indicador convertidos ou resultados normalizados, ao longo das categorias de impacto.

O valor ou índice proveniente da agregação dos resultados dos indicadores pesados, representa a avaliação ambiental do sistema de produto em estudo. De acordo com a ISO 14040 não existe forma científica de reduzir resultados da ACV a um resultado global único ou número, pelo que ela não pode ser utilizada para reivindicação comparativa.

Em geral, três tipos de métodos de ponderação podem ser distinguidos segundo a ISO/TR 14047 (ISO, 2010a):

- Ponderação monetária, baseada no que se está disposto-a-pagar ou em abordagens de preferências reveladas;
- Ponderação distância-ao-alvo, utilizando legislação política;
- Ponderação por painel social, utilizando julgamento de especialistas ou de interessados no processo de decisão.

Ainda de acordo com a ISO14044, a aplicação e utilização dos métodos de ponderação deve estar consistente com os objectivos e âmbito do estudo ACV e deve ser totalmente transparente.

#### **4.2.4. Interpretação**

A interpretação do Ciclo de Vida é a fase final do procedimento da ACV, na qual os resultados da AICV são reunidos e discutidos como uma base para conclusões, recomendações e tomadas de decisões de acordo com a definição do objectivo e do âmbito do estudo. A fase de interpretação deverá fornecer resultados que sejam consistentes com o objectivo e o âmbito definidos e que permitam obter conclusões, explicar limitações e fazer recomendações. A interpretação deverá reflectir o facto de que os resultados da AICV são baseados numa abordagem relativa, que

indicam efeitos ambientais potenciais, e que não prevêem efeitos reais em impactes finais por categoria, a ultrapassagem de valores limite ou margens de segurança ou riscos (ISO, 2006).

A JRC European Commission (2010) recomenda que a interpretação inclua as três seguintes etapas:

- Identificar, em primeiro lugar, as questões significativas (ou seja, os principais processos, parâmetros, pressupostos e fluxos elementares);
- Em seguida, essas questões são avaliadas quanto à sua sensibilidade ou influência sobre os resultados globais da ACV e inclui uma avaliação global do ACV;
- Finalmente, os resultados são utilizados para formular as conclusões e recomendações do ACV;
- Nos casos em que os estudos implicam a comparação com outros casos, outras considerações adicionais devem ser tomadas em conta e incluídas na interpretação.

#### **4.3. A Avaliação do Ciclo de Vida no contexto da construção civil**

A aplicação da ACV, frequentemente integrada nos processos de tomada de decisões nos sectores empresarial e industrial, é reconhecidamente uma grande valia para a indústria da construção civil. Tal situação decorre dos expressivos impactes ambientais produzidos nas diversas fases do processo construtivo, desde a fase de extracção e fabrico de matérias-primas até à renovação ou demolição da estrutura, avaliadas por meio das repercussões de emissões atmosféricas, consumo de recursos naturais, uso de energia e geração de resíduos sólidos e líquidos.

É necessário salientar que o desenvolvimento de estudos de ACV em edificações requer algumas alterações devido, entre outros aspectos, às diferenças apresentadas em relação ao Ciclo de Vida de produtos industriais que envolvem, normalmente, um curto espaço de tempo. Obras de engenharia, ao contrário de produtos com vida útil de semanas ou meses, são, em geral, caracterizadas por uma vida útil que se estende por alguns anos, décadas ou mesmo séculos.

A indústria da construção envolve muitos sectores e tem uma importância muito grande na economia mundial, por esse motivo em todo o mundo são realizados estudos de ACV (Horvarth, 2004) que são muito diversificados: ACV de materiais de construção, estudos de RCD, estudos de gestão de resíduos e estudos de ACV aplicados aos edifícios como complemento da certificação

energética (Bribián et al., 2009). Ao longo deste subcapítulo são apresentados exemplos de estudos de ACV nas áreas mencionadas.

A ACV é utilizada para avaliar os impactes ambientais associados à construção de estradas. Huang et al. (2009) descrevem o desenvolvimento de um modelo ACV para a construção de um pavimento e sua manutenção. São fornecidos elementos sobre os detalhes da metodologia aplicada e da recolha de dados, seguidos de uma discussão dos desafios que se deparam aquando da aplicação da ACV para a prática de construção de estradas, bem como recomendações para novos trabalhos. No caso de estudo, o modelo é aplicado a um projecto de pavimentação asfáltica no aeroporto de Londres no terminal 5, Londres Heathrow Terminal-5 (LHR), em que agregados naturais foram substituídos por resíduos de vidro, cinzas de incineração e reciclados de pavimentos de asfalto. Na opinião dos autores ainda existe necessidade de melhorar a qualidade dos dados do inventário que alimentam o estudo de ACV, porque existem lacunas nos processos e alguns dados simplesmente não estão disponíveis e documentados (Huang et al. 2009).

Os autores recomendam que as aplicações ACV na pavimentação de estradas incluam:

- A comparação de diferentes composições de asfalto e o uso de diferentes materiais;
- Materiais reciclados com agregados virgens;
- Diferentes tipos de materiais reciclados (vidro, etc.);
- Diferentes técnicas de reciclagem (quente, frio) e incluir a opção de manutenção;
- Asfalto com betão.

Em resumo, os principais desafios de aplicação do ACV às práticas da construção de pavimentos incluem os seguintes aspectos:

- Incluir a não-energia não relacionada com as emissões no modelo;
- Procurar dados de inventário ou energia para os agregados secundários para asfalto;
- Prever a duração e a forma de alienação das camadas do pavimento realizadas com materiais reciclados;
- Incluir o efeito de manutenção das estradas no tráfego.

Carpenter et al. (2007) utilizaram uma ACV para caracterizar os impactes ambientais resultantes do uso de agregados virgens e do uso de agregados reciclados na construção civil, nomeadamente na construção de estradas. A avaliação dos dois processos determinou que foi reduzido o consumo de energia e o consumo de água, de emissões atmosféricas, de chumbo (Pb),

de mercúrio (Hg), de CO, de CO<sub>2</sub>, de óxido nitroso (NO<sub>x</sub>), de SO<sub>2</sub>, de resíduos perigosos e não cancerígenos, quando foram utilizadas cinzas em vez de pedra britada. Por outro lado, na opinião dos autores, usar cinzas em vez de britas aumentou o risco de cancro devido à criação de potenciais lixiviados pelas cinzas.

Os subprodutos industriais, como cinzas de carvão e betão reciclado estão a ser usados em quantidades consideráveis como um substituto total ou parcial de agregados naturais. Chowdhury et al. (2010) fizeram uma comparação da utilização desses subprodutos com a utilização de agregados naturais em relação ao custo, poluentes gerados e ao consumo de energia. Dados sobre as emissões de poluentes foram associados para expressar os resultados em termos de potencial de aquecimento global e potencial de acidificação. As categorias de impacto incluídas neste projecto foram: custo, consumo de energia, potencial de acidificação, aquecimento global, potencial de toxicidade humana, potencial de ecotoxicidade aquática, potencial de ecotoxicidade de sedimentos aquáticos e o potencial de ecotoxicidade terrestre. O consumo de energia, o aquecimento global e a acidificação gerados pelo uso de cinzas são quase um terço do valor dos agregados naturais. No entanto, o impacto gerado pelo betão reciclado é superior ao impacto usando o agregado natural. Na categoria de acidificação, o impacto foi quase três vezes maior para o betão reciclado em comparação com o agregado natural. O resultado da acidificação é resultante da emissão de óxido de azoto e dióxido de enxofre. Em geral, para o actual rácio das distâncias de transporte (2:1, agregado natural: subprodutos industriais), se considerarmos a energia, o aquecimento global e o potencial de acidificação, a utilização dos subprodutos industriais, tais como as cinzas, têm vantagem sobre o agregado natural. Por outro lado, o agregado natural como base em estrada tem impactos menores em termos de energia, aquecimento global e potencial de acidificação comparando com o betão reciclado. No entanto, o cenário pode mudar, se a proporção da distância de transporte for alterada. Os autores observaram que se a proporção das distâncias de transporte for maior do que 1:3 (agregado natural: cinzas), as cinzas tem impactos mais elevados nas categorias de energia, aquecimento global e acidificação potencial.

A reciclagem de pavimentos representa uma oportunidade importante para não usarmos materiais virgens, conservar energia e desviar materiais dos aterros. Horvarth (2003) quantificou os custos ambientais e económicos e benefícios da reciclagem de pavimentos de asfalto usando materiais secundários para a sua construção. Neste estudo, foi utilizada uma ferramenta de ACV (PaLATE) para avaliar o uso de diferentes materiais incluindo materiais reciclados na construção e

manutenção de pavimentos. Esta ferramenta integra uma avaliação ambiental e económica do pavimento. O PaLATE estima o consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, o consumo de água, de mercúrio, de chumbo e obtém informação sobre os lixiviados. Os resultados mostram que a produção de materiais e o transporte são responsáveis pela maior parte do consumo de energia.

Ortiz et al. (2009b) compilaram e reflectiram sobre as principais etapas realizadas no ACV no sector da construção nos anos, de 2000 a 2007. Dos vinte e cinco casos de estudo analisados os autores concluíram que 60% aplicam a ACV a materiais ou componentes do edifício e 40% aplicam a ACV a todo o processo construtivo do edifício.

Ortiz et al. (2009a) estudaram a utilização de indicadores de sustentabilidade na pré-construção e durante as fases de uso e manutenção. Outro objectivo é promover e suportar a adopção de uma gestão do Ciclo de Vida dos materiais na indústria da construção. Este estudo foi realizado com base na aplicação ACV numa casa mediterrânica espanhola localizada em Barcelona, com uma área total de 160m<sup>2</sup> e que foi projectada para 50 anos. Ortiz et al. (2009a) concluíram que em relação à questão ambiental das alterações climáticas, houve uma emissão total de 2,34E03 kg CO<sub>2</sub>Eq/m<sup>2</sup> por 50 anos, dos quais 90,5% foi durante a fase de operação (uso 88,9% e manutenção 1,6%) e na fase de pré-construção 9,5%. Em termos de cargas no meio ambiente da habitação estudada, a fase de operação é a mais crítica por causa do consumo de energia para aquecimento, ventilação e ar condicionado, iluminação, electrodomésticos e confecção de alimentos. Para os autores não há nenhuma dúvida que a aplicação de ACV para o Ciclo de Vida completo do edifício é muito importante para reduzir cargas ambientais e melhorar os indicadores de sustentabilidade. Por último, este trabalho demonstrou que utilizar iniciativas ACV em comportamentos de consumo durante todo Ciclo de Vida de um edifício contribuiria para aumentar a poupança de energia, poupança económica e ambiental, e promovia a utilização de práticas de construção sustentáveis.

Ortiz (2009) propôs um método prático de Ciclo de Vida, incluindo aspectos ambientais e socioeconómicos para avaliar indicadores que medem os impactes ambientais no sector da construção. O estudo teve como objectivo avaliar a sustentabilidade da construção de edifícios residências em dois países: um país desenvolvido (Espanha) e outro estudo num país em desenvolvimento (Colômbia). O Ciclo de Vida considerado implica que todos os intervenientes em toda a cadeia do Ciclo de Vida do produto, do berço ao túmulo, tenham uma responsabilidade e

um papel a desempenhar, tendo em conta todos os efeitos externos relevantes como representado na Figura 9.

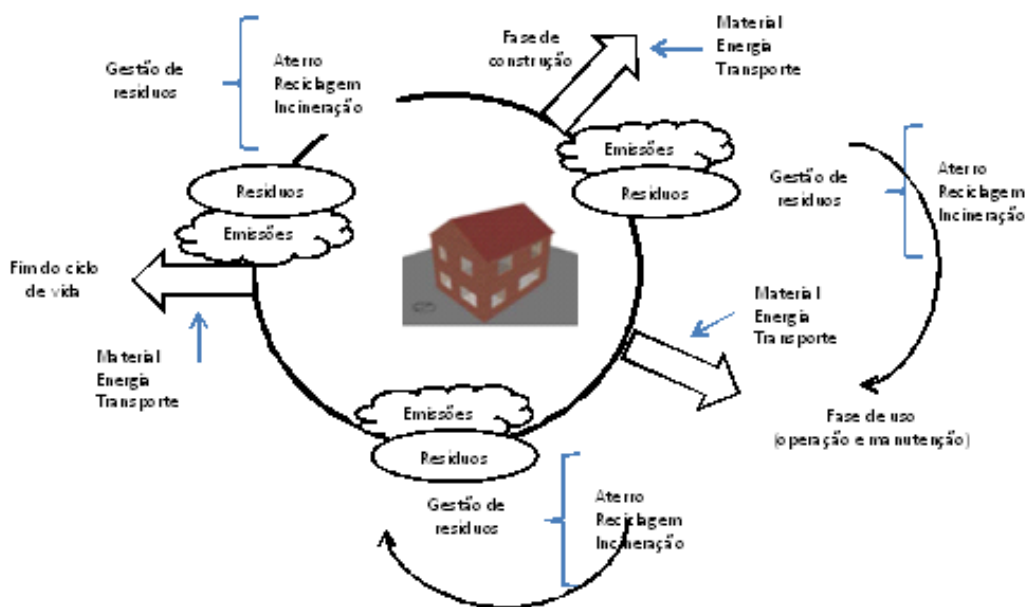


Figura 9 – Ciclo de vida de um edifício, adaptada Ortiz (2009)

Ortiz (2009) realizou uma avaliação macro, a nível nacional nos países referidos, e uma avaliação micro, a nível do edifício. A ACV a nível do edifício, como foi referido, envolve a fase de construção, uso, conservação e fim de vida e conclui que, para o caso espanhol, a fase com maior impacte é a fase de uso com 77 - 93% do Ciclo de Vida total do edifício, à excepção da categoria de impacte toxicidade humana. Quanto à categoria de impacte de depleção do ozono estratosférico foi considerado uma emissão total de  $2,52E-06$  kg CFC-11-Eq  $m^{-2}$   $y^{-1}$  durante os 50 anos de utilização, dos quais 11% foram contabilizados na fase de construção, 87% durante a fase de uso e 2% durante a fase de fim de vida. As cargas ambientais da fase de construção foram avaliadas a partir de fabrico dos materiais de construção, transporte desses materiais de construção para o local da construção, a energia consumida pelo equipamento e a eliminação dos resíduos. O fabrico dos materiais de construção representa neste estudo 97% dos impactos ambientais totais, transporte 2% e gestão de resíduos corresponde 1%. No caso de estudo realizado na Colômbia, os maiores impactes ocorrem na fase de uso do edifício. Neste caso, a fase de construção corresponde a 9 -31%, enquanto que as fases de transporte e manutenção não

atingem os 10% dos impactes. O fabrico dos materiais de construção representava 99% dos impactos ambientais totais, transporte dos materiais e a gestão de resíduos representava menos de 1%.

O Ciclo de Vida considerado no estudo inclui os resíduos gerados a partir dos materiais e processos de construção, a fim de avaliar a gestão de resíduos na fase de construção, tal como apresentado na Figura 10. São representados três cenários como opções de gestão de resíduos: deposição em aterro, reciclagem e incineração (Ortiz, 2009).

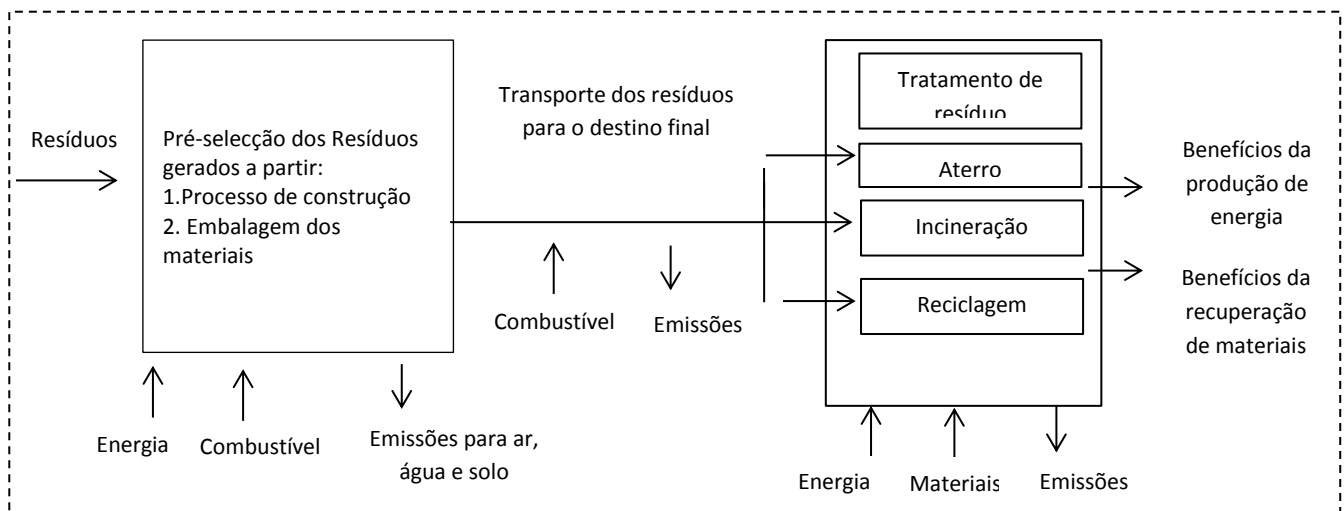


Figura 10 – Fronteiras dos resíduos de uma construção, adaptada Ortiz (2009)

Ortiz et al. (2010b) aplicaram a metodologia de ACV a um bloco de apartamentos localizado em Barcelona, Espanha para avaliar os impactes ambientais durante a fase de construção. O objectivo deste trabalho era desenvolver e aplicar vários critérios para o sector da construção que ajudassem na tomada de decisão na fase de concepção e construção permitindo a selecção dos materiais para uma construção sustentável de forma a reduzir o impacte ambiental dos materiais utilizados, minimizando a quantidade de resíduos gerados e aumento do percentual de resíduos que são reciclados. A análise foi dividida nos seguintes processos:

- Fase de fabrico, envolvendo a produção do material e o consumo de energia associado à extracção;
- O consumo de energia das máquinas de construção e o CO<sub>2</sub> emitido pelas máquinas;
- O transporte de matéria-prima da fábrica até à obra;

- A gestão de resíduos resultantes da eliminação de material e do acondicionamento de resíduos no local de trabalho, incluindo o seu transporte para o destino final (aterro, incineração ou reciclagem).

Na avaliação da fase de construção, os autores concluíram que o impacto potencial de acidificação representa 77% Ciclo de Vida total, a energia consumida pelos equipamentos representam menos de 16%, o transporte de materiais para a construção representa 5% e gestão de resíduos menos de 1%. Para GEE tem emissão total de  $1.19E01 \text{ kgCO}_2 \text{ equiv.m}^{-2} \text{ y}^{-1}$  do qual 85% foi durante a construção, enquanto o resto foi devido ao consumo de energia (8%), transporte (6%) e gestão de resíduos (1%). O estudo envolveu uma avaliação para oito paredes exteriores e sete paredes interiores. A combinação da análise dos materiais e da gestão de resíduos reflecte a importância da reciclagem de materiais que geram um elevado impacto ambiental durante o seu fabrico. Nos materiais seleccionados, o impacto ambiental mais elevado resulta do uso do aço, especialmente aço galvanizado. Isso é verdadeiro para a maioria das categorias ambientais estudadas, mas sobretudo para a acidificação, radiação ionizante e energia consumida. Por último, os autores estudaram a contribuição da gestão dos resíduos resultantes da eliminação de material e resíduos de embalagens e compararam os cenários de diferentes tratamentos, como aterros, incineração e reciclagem. Poderá afirmar-se que a incineração e reciclagem reduzem os impactos ambientais, devido à economia de produção de energia e de matérias-primas. A incineração é recomendada tendo em conta o teor de energia nos resíduos, enquanto que a reciclagem é recomendada para resíduos inertes e outros resíduos, como por exemplo, resíduos de embalagens de plástico. A fase de gestão de resíduos representa menos de 1% do impacto ambiental.

Asif et al. (2007) realizaram uma ACV a uma casa geminada, na Escócia. Trata-se de uma avaliação detalhada a cinco materiais de construção (madeira, alumínio, vidro, telhas de betão e cerâmica) e pretenderam determinar a energia e impactos ambientais associados à produção dos materiais. Na opinião dos autores a escolha dos materiais utilizados depende do potencial uso do edifício e da sua arquitectura, mas os autores acreditam que o desempenho ambiental dos materiais será um factor importante na sua escolha. No passado, outros factores influenciavam a escolha, tais como, o custo, a disponibilidade e a aparência. Os autores concluíram que a energia incorporada nos materiais de construção envolvidos foi estimada em 227,4GJ. Verifica-se que o betão, madeira e telhas cerâmicas são os três materiais principais que consomem mais energia, o



betão consome 65% da energia total incorporada na casa, enquanto a sua quota nos impactes ambientais é ainda mais significativa.

Para obter uma visão sobre a afectação das fases do Ciclo de Vida de um edifício no meio ambiente e do desempenho energético foi usada, por Partidário et al. (2008), uma abordagem de ACV em habitações residenciais. A ACV foi aplicada a uma habitação unifamiliar no Norte de Portugal. O objectivo da ACV era:

- Aplicar a ACV à habitação identificada;
- Avaliar e comparar as diferentes fases (construção, uso e fim de vida), particularmente a fase de fim de vida que avalia quatro cenários de gestão de resíduos (demolição total, demolição selectiva, combinar aterro com reciclagem e reutilização);
- Encontrar pontos de inovação, em particular na fase de fim de vida.

Os autores seleccionaram através do método de caracterização CML2, as seguintes categorias de impacte: depleção abiótica, aquecimento global, depleção da camada de ozono, toxicidade humana, água fresca, ecotoxicidade aquática, ecotoxicidade do meio marinho, ecotoxicidade terrestre, formação de oxidantes, acidificação e eutrofização. Dos materiais avaliados (betão, betão armado, tijolo, argamassa, vidro, telhas e gesso), os autores concluíram que o fabrico dos materiais/ componentes da construção que apresentam maiores impactes são o tijolo e betão armado. A principal conclusão é que os efeitos negativos em todo o Ciclo de Vida do edifício são resultantes dos impactes do uso. Na fase de uso os autores verificaram que o aquecimento, o arrefecimento e a iluminação são as actividades que influenciam as principais categorias de impacte. Os autores concluíram, ainda, que quanto maior for o esforço de valorizar o resíduo, menor são os impactes expectáveis na fase de fim de vida do edifício. As principais diferenças entre os cenários são as variações no volume de resíduos enviados para aterro, nas quantidades de resíduos utilizados como nova matéria-prima, e o transporte dos resíduos.

Martins e Branco (2008) com base no programa informático ATHENA compararam os resultados da ACV associados a três edifícios (moradias unifamiliares). Edifícios distintos apenas no material estrutural, betão, aço e madeira. O programa tem em conta cinco aspectos de análise do impacte ambiental:

- Energia total utilizada: é a quantidade de energia utilizada na extracção, no processamento, no transporte, na construção e na disponibilidade de cada material;

- Emissão de gases com efeito estufa: é a quantidade de emitidos na fase de extracção, no processamento, no transporte, na construção e na disponibilidade de cada material com efeito estufa;
- Uso de recursos ecológicos: é a quantidade de matéria-prima utilizada na extracção, no processamento, no transporte, na construção e na disponibilidade de cada material;
- Poluição do ar: é o impacte na qualidade do ar criado na fase de extracção, no processamento, no transporte, na construção e na disponibilidade de cada material;
- Poluição da água: é o impacte na qualidade da água criado na fase de extracção, no processamento, no transporte, na construção e na disponibilidade de cada material;

Os autores concluíram que o edifício de madeira foi o que consumiu menos energia. A solução de aço requer 1127 mais energia que o de madeira. A solução de betão requer 1,777 vezes mais energia do que a madeira. A construção que tem menor impacte ambiental no conjunto de todos os aspectos em estudo (uso de energia, potencial efeito de estufa, uso de recursos naturais, poluição do ar e poluição da água) é aquela construída recorrendo a uma estrutura de madeira. A madeira utiliza menos energia comparativamente com o aço e o betão e apresenta menor libertação de GEE. O aço é o material estrutural que apresenta menor índice de uso de recursos naturais. Relativamente ao índice de poluição do ar, o edifício em aço é aquele que apresenta o valor mínimo seguido muito de perto pela construção em madeira. O edifício em madeira é aquele que apresenta um menor índice de impacte de poluição da água. O desempenho dos edifícios, em particular, aquele composto por estrutura de madeira, pode ser ainda melhorado recorrendo a técnicas mais actuais e específicas das construções em madeira.

Bribián et al. (2009) apresentaram o estado-da-arte em relação à aplicação da ACV no sector da construção fornecem uma lista das ferramentas existentes e propõem, ainda, uma metodologia simplificada ACV e aplicam-na a um caso de estudo. O caso de estudo trata-se de uma casa unifamiliar com 222m<sup>2</sup> com um volume total de 502m<sup>3</sup>, com garagem para um carro, em Zaragoza, Espanha. A ferramenta de simulação térmica considerada na certificação de construção de energia em Espanha é analisada e complementada com uma metodologia de ACV simplificada para avaliar o impacte de algumas melhorias no projecto de construção. A abordagem simplificada proposta permite realizar comparações entre a energia incorporada e as emissões dos materiais de construção, energia consumida e as emissões associadas à fase de utilização. Os resultados revelam que a energia incorporada pode representar mais de 30% das necessidades de energia primária durante a vida útil de uma casa de 222m<sup>2</sup>. A contribuição dos

materiais diminui, se a casa não inclui uma área de estacionamento, já que isso aumenta a superfície aquecida. A maior causa de consumo de energia em edifícios residenciais é o aquecimento, mas a segunda causa é a produção dos materiais de construção. Os autores verificaram que nos processos de certificação de energia dos edifícios não é tido em conta a ACV dos edifícios, porque em alguns casos a ACV poderá dar origem a contradições e originar a uma classificação energética pior, como demonstrado no seu estudo.

Devido à elevada quantidade de dados necessários para realizar uma ACV, os autores recomendam a aplicação de programas que tornem o estudo mais eficiente. Na primeira parte do seu estudo, os autores fazem um levantamento dos programas genéricos de ACV existentes, nos quais quantifica os impactes do materiais e o uso de energia requer muito tempo. Por esse motivo, os autores apresentam programas que foram desenvolvidos para facilitar o uso da ACV no sector da construção (Bribián et al., 2009).

Torgal et al. (2007) ressaltaram que a preocupação principal reside sobre o contributo dos materiais de construção para a sustentabilidade da indústria da construção em que a escolha entre vários materiais não dispensa uma ACV dos mesmos. Nesse estudo, são apresentadas diversas ferramentas informáticas que utilizam a ACV para o sector da construção como se apresenta na Tabela 6.

Tabela 6 – Programas informáticos para ACV no sector da construção, Torgal et al. (2007)

Aplicação	Programa informático	
	Denominação	Origem
Aplicação geral a estudos de ACV	SimaPro	Holanda
	GaBi	Alemanha
Seleção de materiais	BEES	EUA
Concepção de edifícios	ATHENA	Canadá
	EcoQuantum	Holanda
	EnVest	Reino Unido
Sistemas completos de edifícios	LEED	EUA
	BREEM	Reuni Unido
	GBTTool	Canadá
	Ecoprofile	Noruega
	Escale	França
	Ecoeffect	Suécia

Bribián et al. (2011) apresentaram os resultados de um estudo de ACV que compara os materiais de construção mais usados com alguns “eco-materiais”, usando três categorias de impacto diferentes. O objectivo é aprofundar o conhecimento de energia consumida e especificações ambientais dos materiais de construção, analisando as suas possibilidades de

melhoria e fornecendo orientações para a selecção de materiais, concepção de novos edifícios e reabilitação de edifícios existentes. As categorias de impacto consideradas no estudo foram o consumo de energia, o aquecimento global e o consumo de água. As telhas de cerâmica são dos diferentes materiais aqueles que têm o maior consumo de energia primária, principalmente devido ao consumo de gás natural na fase de fabrico. Na opinião dos autores pode-se reduzir os impactos existentes em produtos cerâmicos, introduzindo melhorias tecnológicas no seu fabrico, como por exemplo, a substituição dos antigos fornos. Os autores sublinham que o impacto de materiais de isolamento é superior aos dos materiais naturais, tais como cortiça. O impacto do betão armado é superior ao do betão, devido à inclusão do aço corrugado, conduzindo ao aumento do consumo de energia de 700Mj-Eq/t (+63%) e das emissões em 42kg/t (+31%). Os produtos de madeira têm um impacto reduzido, especialmente os que necessitam de pouco processamento industrial. Os autores concluíram que para evitar que a produção dos materiais crie um elevado impacto, deve-se promover o uso de novas tecnologias, inovar nas fábricas e substituir a matéria-prima natural por matéria-prima reciclada. Actualmente, a reciclagem dos RCD na fase de fim de vida dos edifícios é difícil e seguem para aterro e incineração. É necessário promover uma alteração na arquitectura dos edifícios de forma a facilitar a desmontagem do edifício.

Tae et al. (2011) realizaram um estudo utilizando um edifício de apartamentos executados em betão armado com uma área total de 14.424 m<sup>2</sup>, 35 pisos acima do solo. O objectivo do estudo era avaliar o desempenho ambiental do betão de alta resistência utilizado em prédios altos como material de redução da carga ambiental. Para o efeito, o estudo propõe uma avaliação do consumo de energia e as emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do Ciclo de Vida do edifício e, ainda, o cálculo do consumo de energia e das emissões de CO<sub>2</sub> para todo o Ciclo de Vida do edifício. O estudo avaliou a carga ambiental de uma estrutura com recursos à ACV, considerando a fase de construção, uso e manutenção e fim de vida. A fase de construção incluiu a produção de materiais, o transporte e a construção do edifício. A fase de uso e manutenção foi dividida em duas, fase do uso do edifício e suas etapas de manutenção, e foi analisado tendo em conta o período de vida do edifício. A fase de fim de vida foi dividida em remoção da estrutura e eliminação dos resíduos removidos.

De acordo com os autores a energia consumida e as emissões de CO<sub>2</sub> aparecem na seguinte sequência: a produção de material, o transporte e a construção e tendo sido mais elevadas no caso 1 e mais baixas no caso 3. Em particular, o consumo de energia do caso de estudo 3 diminuiu

em 51,89% e em 3,79%, respectivamente, em comparação com o caso 1 e o caso 2, e a avaliação das emissões de CO<sub>2</sub> diminuíram em 52,06% e em 4,12% comparativamente com o caso 1 e caso 2. O consumo de energia e a redução de emissões de CO<sub>2</sub> no caso de estudo 3 foram devido à redução de betão e aço e devido ao aumento da vida útil do edifício, através da aplicação do betão de alta resistência. O consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub> neste estudo são mais elevados na fase de construção e na fase de uso do edifício. Em particular a energia consumida no caso 3 foi de 34,618 MJ/m<sup>2</sup> em que 29% foi calculada na fase de construção, 70% na fase de uso e manutenção e 1% na fase de fim de vida. Os autores concluíram que o consumo de energia na fase de uso deve-se ao uso de energia para aquecimento, na fase de manutenção deve-se ao consumo de energia eléctrica e na fase de construção à produção dos materiais o que se verifica, também, nos casos 1 e 2. As emissões de CO<sub>2</sub> foram de 2917 kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> em que 31% foi calculada na fase de construção, 68% na fase de uso e manutenção e 1% na fase de fim de vida.

Cachim (2008) realizou três estudos onde foram utilizados agregados reciclados na produção de betão. O objectivo da elaboração de betão com agregados reciclados é duplo:

- Servir como um meio de reciclar resíduos proporcionando-lhes uma aplicação de valor acrescido;
- Reduzir o consumo de recursos naturais pela indústria do betão.

Na Figura 11 o autor ilustra as fases principais do Ciclo de Vida do betão evidenciando o papel dos resíduos de betão no fechar do seu Ciclo de Vida. O betão permite fechar o ciclo para uma grande variedade de resíduos, proporcionando um meio efectivo de terminar o seu tempo de vida e recomeçar um novo como matéria-prima para outro produto.

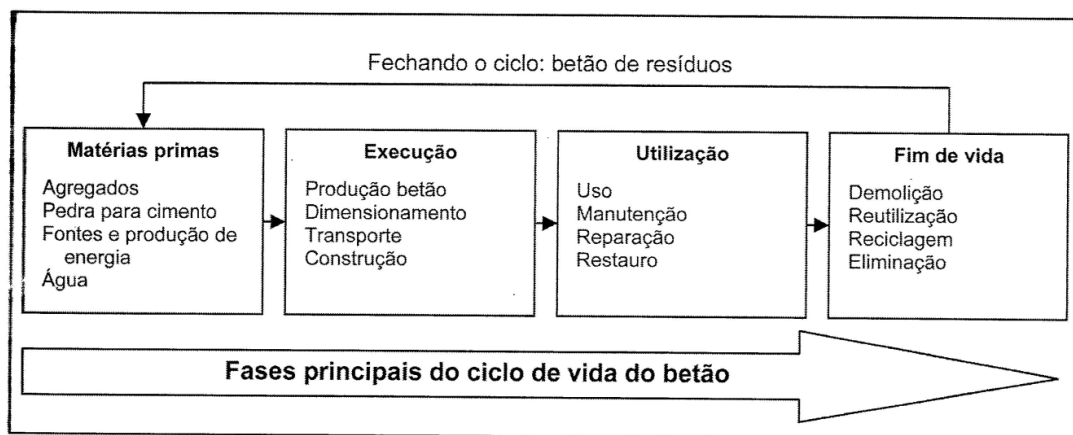


Figura 11 – Fases principais do Ciclo de Vida do betão, Cachim (2008)

Cachim (2008) conclui que os agregados reciclados apresentam uma capacidade de absorção de água superior à dos agregados naturais. Esta maior capacidade de absorção de água foi da ordem das 3 a 5 vezes superior no caso dos agregados de betão reciclado e de 15 a 20% no caso de agregados de tijolo. Devido a esta superior absorção de água, a trabalhabilidade foi mantida constante através da pré-saturação dos agregados reciclados. Em termos genéricos pode-se observar que a resistência à compressão não foi muito afectada pela substituição dos agregados naturais pelos agregados reciclados. Os resultados obtidos mostram que existe um potencial para a substituição de agregados naturais no betão, mesmo para aplicações estruturais.

A aplicação generalizada de análises de Ciclo de Vida ao sector da construção, no caso particular dos materiais de construção, pressupõe, antes de tudo, a existência de levantamentos exaustivos sobre os impactes ambientais desses materiais ao longo da sua vida útil, algo que dificilmente pode ser extrapolado a partir de estudos realizados noutros países, devido a diferenças óbvias que se prendem fundamentalmente com diferentes contextos tecnológicos e económicos (Torgal e Jalali, 2007).

Verifica-se a partir da literatura que existe um grande número de estudos de ACV que lidam com uma determinada parte do Ciclo de Vida do edifício, mas são poucos os que lidam com a ACV completa e que inclua a ACV da fase dos resíduos de construção e demolição de um edifício (Ortiz et al. 2009b).

Lipsmeier et al. (2002) concluíram que a produção de resíduos em obra pode ser estimada com base nos índices de resíduos específicos de edifícios e com o conhecimento da seguinte informação:

- i) Área bruta de pavimento (ABP)
- ii) Nível de conforto do edifício
- iii) Tipo de edifício

Neste estudo para além da área bruta de pavimento e o nível de conforto do edifício, Lipsmeier estabeleceu uma relação entre o tipo de edifício e a quantidade de resíduos gerados na construção. Para isto, estudou e analisou 3 tipos de edifícios (habitação, hotelaria e escritórios) segundo a perspectiva da gestão de resíduos e concluiu que:

- para um edifício de escritórios o índice de resíduo é 33,93 kg/m<sup>2</sup>ABP;
- para um edifício de hotelaria o índice de resíduo é 33,66 kg/m<sup>2</sup>ABP;

- para um edifício familiar de nível de conforto baixo o índice de resíduo é 45,58 kg/m<sup>2</sup>ABP;
- para um edifício familiar de nível de conforto médio o índice de resíduo é 50,67 kg/m<sup>2</sup>ABP;
- para um edifício familiar de nível de conforto alto o índice de resíduo é 75,71 kg/m<sup>2</sup>ABP.

Bossink et al. (1996) concluíram num estudo realizado sobre a quantificação do resíduo de construção, que o valor de resíduo para cada material é aproximadamente entre 1% e 10% do valor de material de construção comprado. Os dados recolhidos no estudo indicam que 9% do total do material comprado para a construção termina em resíduo.

Estes estudos serviram para mostrar a importância da ACV no contexto da construção civil. Pelos autores é referido que o conhecimento do desempenho ambiental da produção de materiais e dos processos de construção é um factor importante na selecção de escolhas que causem menores impactes para o ambiente.

#### **4.4. A avaliação do Ciclo de Vida no contexto da gestão de resíduos**

Os estudos existentes na aplicação da ACV à gestão de resíduos podem servir de orientação para a realização de novos estudos e definição de novas estratégias para o tratamento e gestão de resíduos gerados pela construção. A gestão de resíduos é um fenómeno complexo e existem vários artigos sobre a aplicação da ACV à gestão de resíduos. Finnveden et al. (2005), Ekwall et al. (2007), Pisoni et al. (2009) concluíram que a ACV é uma ferramenta importante e útil.

Finnveden e Finnveden (2005) defenderam que a ACV deve ser utilizada em estudos para comparar diferentes estratégias alternativas do tratamento de resíduos. O objectivo era identificar vantagens e desvantagens de diferentes métodos de tratamento de resíduos sólidos e identificar os factores críticos nos sistemas. Neste estudo são analisados os sistemas de deposição em aterro, incineração, reciclagem, digestão e compostagem. As fracções de resíduos consideradas são as fracções combustíveis e recicláveis ou compostáveis dos RSU. A metodologia utilizada no estudo é a ACV e após feitas essa avaliação sugere a seguinte hierarquia de tratamento de resíduos: reciclagem, incineração e deposição em aterro. A ACV pode ser usada para testar a hierarquia dos resíduos e identificar situações onde a hierarquia não é válida. Os resultados também sugerem que uma política de promoção da reciclagem de papel e materiais plásticos que conduza à diminuição do uso de energia total e das emissões de gases que

contribuem para o aquecimento global deve ser utilizada. Resumidamente, os autores concluíram que a reciclagem de papel e materiais plásticos é em geral um contributo favorável para a diminuição do consumo de energia e das emissões de gases que contribuem para o aquecimento global. A incineração, de um modo geral, é mais favorável do que a utilização de aterro relativamente aos impactos consumo de energia e emissões de gases.

A reciclagem de resíduos tem sido analisada na perspectiva da ACV numa série de estudos ao longo dos últimos 10 a 15 anos. Björklund e Finnveden (2005) compilaram num artigo, dez estudos que comparavam o impacto da reciclagem no aquecimento global e fazia a comparação entre o uso total de energia da reciclagem em relação ao uso da energia na incineração e na deposição em aterro. Foram identificados quatro factores-chave de grande influência na diferença entre reciclagem, incineração e aterro:

- Tipo de material reciclado;
- Tipo de material evitado quando existe reciclagem;
- As fontes de energia evitadas quando existe recuperação de energia na incineração;
- A vida útil dos aterros.

A produção de materiais a partir de recursos reciclados (papel, vidro, plásticos, metais) consome menos energia e provoca um impacto menor no aquecimento global do que a produção a partir de recursos virgens (Björklund e Finnveden, 2005).

Finnveden et al. (2007) publicaram sobre ACV cujo objectivo é sugerir estratégias flexíveis e robustas de gestão de resíduos. Ao longo do seu trabalho, os autores realizaram um levantamento de estudos de ACV, onde é dado mais ênfase aos aspectos ambientais, embora os aspectos sociais e económicos também sejam considerados. Seguem-se alguns dos resultados identificados:

- A incineração com recuperação de energia poupa mais energia do que o aterro;
- A incineração gera menos emissões do que o aterro, com a excepção do aterro de plásticos;
- A reciclagem poupa mais energia do que a incineração, com excepção quando se trata da reciclagem de plásticos com madeira;



- A reciclagem gera menos emissões do que a incineração e do que o aterro, salvo quando a reciclagem de plásticos não substitui novo plásticos e quando se trata da incineração de papel, dependendo do tipo de papel e do tipo de combustível usado.

Os resultados mostram que o tratamento de resíduos têm um papel relevante a desempenhar num sistema de gestão robusto e flexível. Os autores concluíram que na maior parte dos casos a reciclagem de materiais é economicamente mais desfavorável do que a incineração (Finnveden et al., 2007).

Nas avaliações dos impactes ambientais da gestão de resíduos, a ACV ajuda a ampliar a perspectiva para além do sistema de gestão de resíduos. Isto é importante, uma vez que os impactes ambientais indirectos causados por sistemas circundantes, tais como, a produção de energia e de materiais, muitas vezes superam os impactes directos do próprio sistema de gestão de resíduos. No entanto, a aplicabilidade da ACV para os resíduos é restringida por certas limitações (como por exemplo: na unidade funcional, na não inclusão de informação geográfica na caracterização da ACV e na relação linear dos fluxos nos ACV), algumas das quais são características inerentes à metodologia da ACV e algumas apenas são relevantes especificamente no contexto da gestão de resíduos. Ekvall et al. (2007) identificaram e discutiram no seu artigo as características no que diz respeito à forma como podem restringir a aplicabilidade da ACV no contexto da gestão de resíduos e como são publicadas melhorias em relação a estes aspectos. São, também, identificadas ferramentas que se encontram disponíveis para a investigação destas questões que não podem ser adequadamente tratadas por modelos tradicionais de ACV. A ampla perspectiva faz da ACV uma ferramenta poderosa para comparar ambientalmente as diferentes opções de gestão de resíduos para um produto específico, um material, ou um fluxo complexo de resíduos. Por esse motivo, a ACV tem ganho a aceitação como uma ferramenta para o planeamento, gestão de resíduos e na tomada de decisões políticas.

Pisoni et al. (2009) referiram que os resultados da análise realizada para um caso de estudo em Itália revelam que os principais potenciais de impactes do plano de gestão de resíduos estudado para Varese no Norte da Itália estão associados à recolha e transporte dos resíduos municipais. Esses impactes são parcialmente compensados pela redução do consumo de recursos através da reciclagem e recuperação energética e através da incineração. Negligenciar os efeitos da recolha e transporte pode resultar numa subestimação grave dos impactes ambientais de um sistema de gestão de resíduos, especialmente no que se refere à redução do consumo de

combustíveis fósseis e mudanças climáticas. Para reduzir o impacto ambiental de um sistema de gestão de resíduos, é necessário uma otimização do transporte de resíduos.

Para comparar três cenários (aterro, incineração e reciclagem) de gestão de RCD de uma construção em Barcelona, Pasqualino et al. (2008) utilizaram a ACV e através do método de caracterização CML2, as seguintes categorias de impacto: potencial de acidificação, aquecimento global e radiação. Neste estudo, os resíduos são subdivididos em dois grupos a saber: de elementos verticais interiores, tais como, paredes interiores e de elementos verticais exteriores, como por exemplo, paredes de fachada. Os autores concluíram que os elementos verticais interiores geram 89 a 97% de resíduos recicláveis enquanto os elementos verticais exteriores geram 72 a 94%. A categoria de aquecimento global no cenário de aterro, comparativamente com os restantes cenários, tem maior impacto enquanto os cenários incineração e reciclagem apresentam benefícios devido à geração de energia e à recuperação de materiais. Observou-se, ainda, que os cenários de reciclagem, que envolviam o material lã de vidro, como material de isolamento, e plástico gerado pelas embalagens, obtiveram melhores resultados para o impacto ambiental. Recomenda-se, neste estudo, que a melhor solução para os resíduos perigosos é a incineração, enquanto a reciclagem é recomendada para os materiais inertes e plásticos. Apesar da fase de gestão de RCD, apenas representar 2% dos impactos num edifício, a quantidade de resíduos é elevada comparativamente com os RSU.

Blengini (2009) realizou um estudo de ACV a um edifício residencial que foi demolido no ano de 2004. Os objectivos principais do estudo foram:

- Analisar a contribuição das diferentes fases no consumo de energia nos impactos ambientais;
- Analisar a contribuição dos materiais de construção;
- Identificar os impactos e benefícios da reciclagem da demolição;
- Avaliar possíveis cenários alternativos para a fase de fim de vida do edifício;
- Avaliar o potencial da reciclagem dos materiais de construção.

Neste estudo, foram seleccionadas as seguintes categorias de impacto: energia, aquecimento global, depleção de ozono, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, formação de oxidantes fotoquímicos. A fase de utilização de um edifício tem um peso elevado sobre as restantes fases do Ciclo de Vida. A sua contribuição é entre 90,1% e 95,2% dependendo da categoria de impacto em análise. A fase de fim de vida do edifício contribui com um valor entre

0,2% e 2,6%. Este resultado pode ser explicado pelos impactes evitados porque os resíduos podem ser seleccionados e tornar-se em matérias-primas como substitutos de produtos virgens.

Na fase de pré-uso (fase de fabrico dos materiais e transporte para a obra) os materiais que têm a maior contribuição são o betão (29,4% a 71,4%) e o aço (2,9% a 39,4%). Enquanto que, os maiores impactes do betão são o aquecimento global, a depleção da camada de ozono, a eutrofização e poluição, os impactes do aço são uso de energia e acidificação.

Blengini (2009) concluiu que, em primeiro lugar, devem ser pesquisadas melhorias para a fase do uso do edifício, mas, concluiu, ainda, que nas fases de pré-uso e fim de vida podem ser alcançadas melhorias, como por exemplo, na selecção de materiais, nas características do projecto de construção e na escolha das técnicas de construção de forma a reduzir significativamente os impactes ambientais. As escolhas seleccionadas na fase de pré-uso podem influenciar, posteriormente, a fase de utilização, como por exemplo, reduzindo a necessidade de consumo de energia para aquecimento e arrefecimento.

Para alcançar a melhor solução ambiental e para definir a proporção certa entre material natural e material reciclado, todas as fases do Ciclo de Vida devem ser consideradas. Só com essa abordagem é possível determinar se o Homem está a explorar em excesso os recursos de energia e matérias-primas naturais ou se, por outro lado, está a utilizar reciclagem que gera materiais secundários menos prejudiciais para o ambiente do que os correspondentes materiais naturais (Blengini, 2009).

Ortiz et al. (2010b) realizaram um estudo cujo objectivo era comparar três cenários, aterro, reciclagem e incineração para os RCD de um caso de estudo em Espanha utilizando a ACV. A unidade funcional seleccionada pelos autores foi a quantidade total gerada na construção, ou seja,  $2,06E+02 \text{ kgm}^{-2}$ . Os resíduos foram classificados em dois grupos: resíduos gerados pela construção e resultantes de excedentes de material e resíduos de embalagens dos materiais. O primeiro grupo foi, ainda, subdividido em pedra, metal, madeira, plástico e outros resíduos de construção. O segundo grupo foi subdividido em três grupos: madeira, plástico e papel ou cartão. Para a inventariação foi utilizada a base de dados Ecoinvent V2.01 (2007) e através do método de caracterização CML2, foram definidas as seguintes categorias de impacte: potencial de acidificação, aquecimento global, eutrofização, ecotoxicidade aquática, toxicidade humana e ecotoxicidade terrestre. Concluíram que devido aos benefícios da recuperação de materiais, o cenário reciclagem apresenta valores negativos em todas as categorias seleccionadas. Os valores

negativos representam benefícios para o ambiente, porque os impactes evitados (recuperação de materiais) são superiores aos impactes gerados (processo de reciclagem, transportes). O cenário de reciclagem, comparativamente, com os restantes cenários tem menor impacte. Quando o cenário de aterro é comparado com o cenário de incineração observa-se que, à excepção da categoria de aquecimento global, o cenário de incineração apresenta um impacte menor do que o aterro. Em algumas categorias, o cenário incineração apresenta valores negativos, o que significa, que o impacte evitado (gerar energia) é superior aos impactes gerados (processo de incineração, transporte e aterro das cinzas). Como conclusão final os autores recomendam a reciclagem sempre que possível, incinerar os restantes resíduos e enviar para aterro quando não exista outra solução para os resíduos.

Blengini e Garbarino (2010) realizaram um estudo a 89 operadores de RCD com o objectivo de analisar as implicações ambientais do fluxo de reciclagem de RCD na província de Turim. Neste estudo os operadores foram classificados em três tipos: localização fixa, localização semi-móvel e móvel e os agregados resultantes do processo de reciclagem foram classificados em três tipos:

- Tipo A – alta qualidade para a execução de betão e sub-bases de estradas;
- Tipo B – qualidade média para a execução de estradas, aeroportos e portos;
- Tipo C – baixa qualidade de agregado reciclado para enchimento e reabilitação de aterros.

A unidade funcional escolhida pelo autor foi uma tonelada de RCD recolhidos e reciclados. A modelação do ACV foi realizada com recurso ao programa Simapro7 e à base de dados Ecoinvent2.0. Aplicando os factores de caracterização propostos pelo IMPACT 2002+, os autores seleccionaram catorze categorias de impacte. Os autores concluíram que em 13 categorias de impacte, os impactes ambientais evitados pela reciclagem são maiores do que os impactes induzidos. Em todas as categorias a contribuição do aterro é elevada. Os autores também concluíram que se excluir o transporte e o crédito do aterro, o balanço entre os impactes evitados e induzidos nem sempre é favorável à reciclagem. De facto, à excepção das categorias ecotoxicidade aquática, ecotoxicidade terrestre, ocupação do solo, aquecimento global, energia não renovável, extracção mineral, nas restantes, o processo de reciclagem de RCD tem mais impactes do que benefícios (Blengini e Garbarino, 2010).

Mercante et al. (2012) num estudo que realizaram teve como objectivo desenvolver e analisar o inventário do Ciclo de Vida dos RCD em empresas espanholas envolvidas directamente na recolha de resíduos. Nesse trabalho foi considerado como unidade funcional a gestão de uma

tonelada de RCD e como âmbito todas as etapas de armazenamento provisório dos resíduos até à sua reutilização ou envio para aterro. Mercante et al. (2012) utilizaram a metodologia de ACV descrita nas ISO14040 – 44 e nas recomendações ISO/TS 14048 e ISO/TR 14049, as bases de dados e software da Ecoinvent V2.01. O inventário foi modelado com a ajuda do programa SimaPro 7.3. Aplicando os factores de caracterização propostos pelo CML, seleccionaram as seguintes categorias de impacte: aquecimento global, destruição da camada de ozono, oxidação fotoquímica, acidificação e eutrofização. A análise dos dados revela que em todas as categorias de impacte, o transporte, selecção e aterro contribuem para o impacte ambiental devido ao consumo de combustíveis e energia. Neste estudo, concluíram que a contribuição das emissões do aquecimento global nos produtos de madeira reciclada e cartão reciclado é superior do que o correspondente em produtos virgens. Os autores concluíram, ainda, que o transporte é o maior contribuinte para os impactes ambientais e que a reciclagem nem sempre apresenta benefícios.

Os RCD são provenientes de diversas fontes e de diferentes métodos construtivos e por este motivo verifica-se grande heterogeneidade composicional dos mesmos e uma grande variedade. Para definir as diferentes fracções de resíduos que têm de ser separadas e recolhidas na obra, deve-se primeiro considerar todos os tipos de resíduos que emergem durante o período de construção, independentemente, do seu método de recolha e de tratamento. Os resíduos resultantes de projectos de construção de edifícios podem ser englobados nas seguintes categorias:

- Resíduos resultantes de acções de desconstrução e de demolição (ex. resíduos minerais de construção, objectos recuperados como aquecedores ou janelas);
- Resíduos resultantes de trabalhos de construção como restos de material utilizado e sobras;
- Embalagens de material de construção e de acessórios de montagem;
- Lixo gerado pelos trabalhadores.

De acordo com Lipsmeier e Gunther (2002) a quantidade total de resíduos depende em grande parte, além do tipo e dimensão da obra, da fase de construção decorrente. Em projectos de construção de edifícios novos (construção acima do solo), para cada 1000 m<sup>3</sup> de espaço interior correspondem, em regra, 20 – 40m<sup>3</sup> de resíduos, sendo que 25% destes resíduos surgirão na fase de estruturas e 75 % durante a fase de acabamentos do edifício.

As embalagens dependem do tipo de trabalhos de construção efectuados e consoante o fornecedor de materiais. Os tipos e o volume de embalagens podem variar significativamente, assim como os tipos e as quantidades de resíduos. Apenas como valor indicativo, segundo Lipsmeier, pode-se estimar, para construções novas e projectos de modernização/reparação de edifícios, cerca de 15 – 30m<sup>3</sup> de resíduos de embalagens para cada 0,5 milhões de Euros de custos de construção (Lipsmeier e Gunther, 2002).

Estes estudos serviram para mostrar a importância da ACV no contexto da gestão de resíduos. Estas análises permitem identificar vantagens e desvantagens dos diferentes métodos de tratamentos de resíduos podendo-se comparar estratégias alternativas aos mesmos baseadas no conhecimento do desempenho ambiental.

## **5. Caracterização técnica e operacional dos casos de estudo**

### **5.1. Definição do objectivo e âmbito**

Os casos de estudo foram realizados em empreitadas da empresa Somague Engenharia, S.A, empresa, com reconhecimento nacional e internacional, que tem uma experiência de 50 anos no âmbito da engenharia e construção e que está consciente da sua responsabilidade a nível nacional e do papel que desempenha na sociedade, nomeadamente, no seu contributo para o desenvolvimento sustentável a nível global (Somague Engenharia SA, 2007). A empresa funciona de acordo com um Sistema Integrado de Gestão Ambiental, Qualidade e Segurança (SIGAQS) que reflecte o seu modelo de funcionamento já implementado. Desde 2005 que a empresa é certificada na área da gestão ambiental de acordo com a norma ISO 14001. Para cumprir e manter a certificação a empresa implementa sistemas de gestão ambiental em todas as suas obras que inclui o sistema de gestão de resíduos.

No sentido de cumprir o objectivo deste trabalho utilizaram-se três casos de estudo, onde foram implementados Sistemas de Gestão Ambiental (SGA). Estes sistemas foram acompanhados, implementados e monitorizados relativamente ao sistema de gestão de resíduos. A partir dos inventários de resíduos obtidos foi realizada uma ACV para cada caso de estudo e apresentados os resultados do ponto de vista dos impactes ambientais e quantificados ao nível da gestão de resíduos. Os cenários escolhidos pela equipa de enquadramento da obra como destino dos resíduos das obras foram o aterro e a reciclagem. Os resíduos das obras não foram encaminhados para um cenário de incineração, no entanto, este cenário foi utilizado apenas neste estudo para comparação com os cenários aterro e reciclagem. Para realizar esta avaliação foi criada uma ferramenta, que quantifica os impactes ambientais das soluções adoptadas nas obras para os resíduos.

Os três casos de estudo considerados eram localizados no Norte e Centro do País: Gondomar, Mira e Coimbra. Estas obras foram escolhidas porque decorreram em simultâneo com este trabalho e desta forma foi possível realizar um acompanhamento minucioso da implementação do sistema de gestão de resíduos.

Na Figura 12 podemos observar a localização das obras envolvidas no estudo.

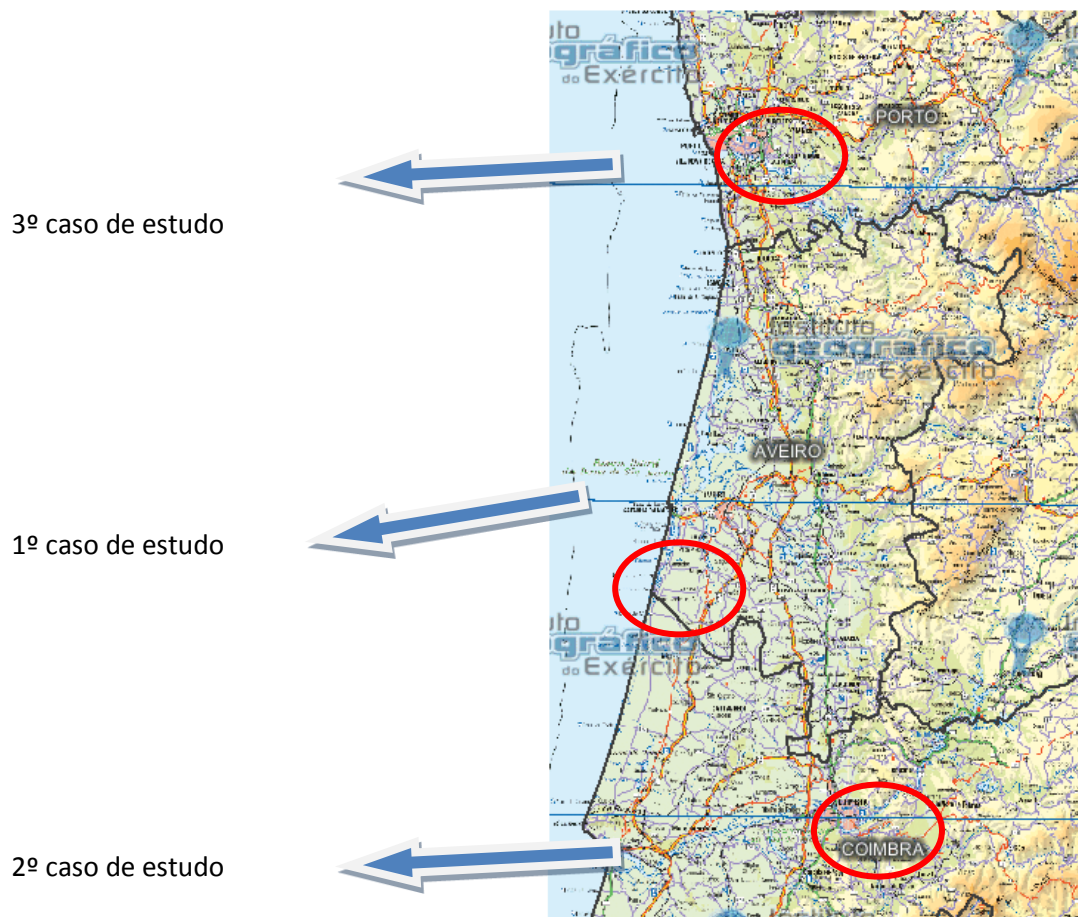


Figura 12 – Localização dos casos de estudo

i) 1º caso de estudo

O 1º caso de estudo escolhido trata-se de uma obra localizada na zona de Mira, distrito de Coimbra. Nesta obra foi realizada uma construção nova, uma unidade industrial, num terreno com uma área cuja superfície total é de 2.000.000 m<sup>2</sup>. A obra estava localizada na zona Oeste do terreno com uma área total de construção de 445.000 m<sup>2</sup>.

Nesta empreitada foram realizados trabalhos de terraplenagem e construídos poços com paredes moldadas, emissários executados com técnicas de “pipe jacking”, colocação e montagem de tubagem de polietileno de alta densidade, canais em betão armado, tanques em betão armado, edifícios de apoio ao futuro funcionamento, montagem de estrutura metálica em cobertura, rede de abastecimento de água, rede de saneamento e rede pluvial, rede de incêndio, rede de oxigenação e rede de electricidade. No estaleiro da obra foram ainda montadas estruturas de apoio provisórias, tais como: central de betão, estaleiro social e uma fábrica de execução de tubos de betão. Estas estruturas foram retiradas no decorrer da obra, recuperadas



ou parcialmente demolidas. Esta obra teve uma duração de 24 meses com início em Novembro de 2007 e conclusão em Novembro de 2009.

ii) 2º Caso de estudo

O 2º caso de estudo seleccionado foi uma empreitada incluída no programa de recuperação do parque escolar em Coimbra. Nesta obra foram demolidos edifícios existentes e construídos novos edifícios escolares. Nesta empreitada foram realizados trabalhos de terraplenagem, construídos edifícios em betão armado, acabamento dos mesmos, montagem da rede de abastecimento de água, rede de saneamento e rede pluvial, rede de incêndio e rede de instalação de aquecimento, rede de ventilação e de ar condicionado (AVAC). Foram montadas como estruturas de apoio provisório os escritórios que posteriormente foram desmobilizadas. Esta obra teve uma duração de 18 meses com o início da obra em Março de 2009 e a conclusão em Setembro de 2010.

iii) 3º Caso de estudo

O último projecto escolhido foi uma obra de infra-estrutura ferroviária construída na área metropolitana do Porto. Neste projecto foram realizados trabalhos de terraplenagem, demolição de estruturas existentes no local de implantação da obra, desmatação, desvios de redes de infra-estruturas existentes e realização de novas infra-estruturas. Construído um túnel com aproximadamente 1km de comprimento, estações, edifícios de apoio, poço de ventilação com diâmetro de 16m e profundidade de 30m e uma conduta realizada pelo método de perfuração horizontal. Foram montadas como estruturas de apoio provisório os escritórios que posteriormente foram desmobilizadas. Esta obra teve uma duração de 24 meses com o início da obra em Março de 2009 e a conclusão em Março de 2011.

A unidade funcional de um caso de estudo foi definida como a quantidade total de resíduos produzidos nesse caso. Especificamente neste trabalho a unidade funcional é em toneladas e representa a quantidade total produzida na construção “nova”, em reparações e demolições realizadas no decurso da obra. Na Tabela 7 apresenta-se a unidade funcional considerada para cada caso de estudo.

Tabela 7 – Unidade funcional considerada para cada caso de estudo

Caso de estudo	Unidade funcional
1º	262218 t
2º	3257 t
3º	106170 t

No ACV é necessário especificar as fronteiras do sistema e definir os aspectos sobre quais será realizada a análise. As fronteiras deste ACV estão representadas na Figura 13.

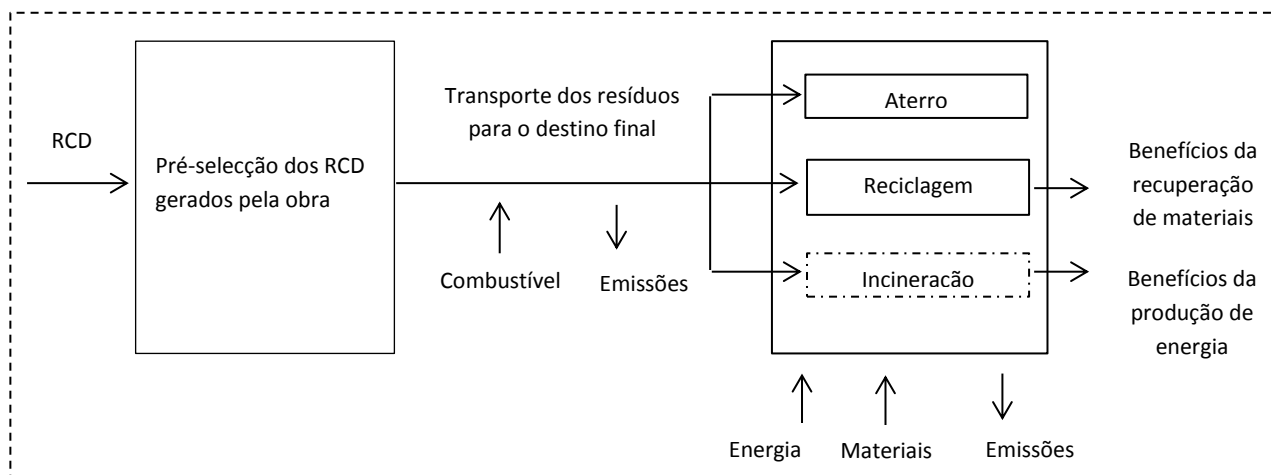


Figura 13 – Fronteiras do estudo

## 5.2. Metodologia de inventariação de resíduos

Antes do início de qualquer obra da empresa, incluindo os três casos de estudo, é preparado um plano de gestão ambiental. No plano estão descritas as linhas mestras estabelecidas pela empresa para a SGA das actividades presentes nas obras, regulando em todas as fases de obra os procedimentos a adoptar para a garantia, controlo, monitorização e inspecção das actividades. Adicionalmente ao plano existem procedimentos que descrevem as actividades críticas e o controlo a executar. A empresa para além do definido internamente segue os estudos de impacte ambiental (EIA), as declarações de impacte ambiental (DIA), os relatórios de conformidade ambiental do projecto de execução (RECAPE) e Cadernos de Encargos apresentados pelos Donos de Obra. Seguidamente, na fase de preparação do arranque da obra e/ou na fase de produção antes do início de cada actividade é efectuado um levantamento de todos os aspectos ambientais e de todos os impactes a eles associados devidos a cada uma das actividades a executar no decorrer da obra. A caracterização da situação é realizada de acordo com procedimentos internos

e descritos no plano de gestão ambiental, recorrendo a matrizes e tabelas de identificação e avaliação existentes. Em função da avaliação e significância dos impactos das actividades são definidas as acções a implementar e a controlar e nesta fase são seleccionados os métodos, os processos construtivos e os equipamentos que prejudiquem o ambiente o menos possível. Nesta fase de arranque de obra e como definido no plano de gestão são, ainda, definidas as questões relacionadas com a gestão de resíduos da obra, tais como:

- Classificação dos tipos de resíduos;
- Identificação dos locais de recolha;
- Identificação dos contentores;
- Identificação do responsável pela recolha;
- Localização das áreas de armazenamento provisório ou de triagem;
- Identificação dos destinatários e pedido das licenças necessárias.

Como, em todas as obras da empresa, estes casos de estudo foram sujeitos a auditorias internas e externas para verificação, entre outros, da adequada implementação do SGA. Em nenhum dos casos foram detectadas situações que pusessem o trabalho e respectivos dados em causa. Durante este período de implementação dos sistemas foram realizadas medidas e acções de melhoria contínua como previsto, geralmente, nos SGA.

Uma das decisões importantes a tomar é determinar, para cada fracção de resíduos, considerando as condições locais, o tipo, o tamanho e o número de contentores a utilizar. Após estimar os tipos de resíduos e as quantidades geradas na obra, deve-se proceder à análise das zonas mais apropriadas para a sua recolha, colocação e tipo de contentores. Nesta análise deve-se ter em atenção, de forma a otimizar os resultados da gestão de resíduos, os seguintes factores:

- Distância a percorrer pelos trabalhadores até aos contentores;
- Definição dos operadores a utilizar;
- Distribuição das diferentes fracções de resíduos pelas classes estipuladas na LER;
- Definição dos resíduos a serem recolhidos separadamente devido a questões de logística de tratamento, da organização da recolha selectiva e dos períodos de produção de resíduos;
- Período de tempo de armazenamento temporário;
- Duração das obras.

O grau de separação de resíduos na obra deve ser determinado considerando os seguintes parâmetros:

- Quantidade de resíduos por fracção;
- Tipo de contentores adequados;
- Espaço necessário para os contentores;
- Organização da gestão de resíduos em obra;
- Distribuição de resíduos em diferentes fracções ou fluxos.

Durante o período de tempo, que os resíduos vão permanecer armazenados provisoriamente em obra, o respectivo contentor para cada fracção de resíduos tem que ser alugado e ocupa espaço no estaleiro. Assim, os prazos de conclusão dos trabalhos das diferentes especialidades têm um forte impacto nos tipos e tamanhos de contentores necessários em obra, uma vez que os custos de aluguer e transporte desempenham um papel importante.

Durante a execução de uma obra são, ainda, definidas as seguintes questões:

- Quem é o responsável pela colocação/ distribuição dos contentores;
- Quem é o responsável pelo esvaziamento dos contentores;
- É possível separar os resíduos directamente nas frentes de trabalho ou será necessário separar os resíduos “à posteriori” na zona de contentores;
- Quem controla a recolha dos resíduos.

Uma vez que os custos de aluguer e transporte de contentores desempenham um papel importante nesta escolha, devem ser pedidos vários orçamentos, junto das empresas de recolha de resíduos que actuam na região, para se poder comparar preços para os diferentes tipos e tamanhos de contentores.

Como alternativa a este procedimento, é possível pedir informações às empresas de recolha, independentemente do tamanho dos contentores e da duração do aluguer, sobre o preço de referência por m<sup>3</sup> de resíduo a tratar, incluindo transporte e aluguer. Neste caso, não seria necessário contar com custos adicionais de aluguer, que por vezes surgem, por utilização prolongada do contentor. Nos casos de estudo foram utilizados contentores para recolha de resíduos com capacidades entre 1 – 40 m<sup>3</sup>. A utilização de contentores de dimensões de 15m<sup>3</sup> é muito comum, visto que garantem, normalmente, uma boa relação entre o espaço ocupado, o

custo de transporte e o período de aluguer. Na Figura 14 apresenta-se um exemplo de um contentor de armazenamento provisório de inertes.



Figura 14 - Contentor para material inerte

Para resíduos que surgem em grandes quantidades num curto espaço de tempo (ex. escavação de solos) deve-se avaliar se é mais vantajoso, em termos logísticos e económicos, recorrer a veículos de carga directa ou colocar contentores no local.

Para os diferentes tipos de lixo comum (equiparados a RSU) é adequado utilizar-se contentores de lixo próprios de diferentes cores de 240 l.

Os resíduos “leves” (ex. embalagens ou poliestirenos) devem ser recolhidos em “Big Bags”, que são sacos de plástico robustos, bastante resistentes a cargas e a rasgões, e com volume de 1m<sup>3</sup> que podem ser fixados a postes ou a suportes metálicos. A recolha de resíduos por intermédio dos “Big Bags” tem a vantagem de não comportar custos de aluguer de contentores. Além disso, estes sacos podem ser colocados em obra até ao final dos trabalhos ou até o número de “Big Bags” acumulados ser suficientemente grande para garantir um transporte económico. Deste modo, os custos de transporte podem ser otimizados em comparação com os contentores que requerem veículos próprios. Pode-se ainda acrescentar que os “Big Bags” exigem pouco espaço em obra e podem ser facilmente deslocados para uma nova localização em caso de falta de espaço. Na Figura 15 apresenta-se um exemplo de um ecoponto realizado com “Big-Bags”.



Figura 15 - Ecoporto no poço de descarga 2

Ao seleccionar um tipo de contentor deve-se ter em conta se o mesmo tem que estar protegido contra o uso por parte de terceiros e, ainda, contra impactos das condições meteorológicas sobre o local onde ficará colocado. Nestes casos, é conveniente utilizar contentores fechados ou com coberturas próprias. Há, também, necessidade de se considerar se é preciso ter cuidados e exigências especiais na recolha de certos resíduos e no tipo de contentor no que diz respeito a alguns tipos de resíduos, como por exemplo, o amianto e outros resíduos perigosos.

Para que se possa fazer uma recolha de resíduos descentralizada, directamente nas frentes de trabalhos ou nos diferentes pisos do edifício, devem ser colocados, nestes locais, contentores apropriados. Para este efeito e dependendo do tipo de resíduos, podem ser utilizados contentores de menores dimensões como baldes ou “Big Bags”.

Na Tabela 8 apresentam-se os tipos de contentores considerados adequados para cada uma das diferentes fracções de resíduos que foram utilizados nos 3 casos de estudo.

Tabela 8 - Tipos de contentores/"Big-Bags" adequados por resíduo

Código LER	Designação	Tipo de contentor
10 11 03	Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro	Não aplicável (n.a)
12 01 01	Aparas e limalhas de metais ferrosos	"Big-bag"
12 01 05	Aparas de matérias plásticas	"Big-bag"
13 02 08	Outros óleos	Bidon 200 l
13 05 07	Misturas água com óleo proveniente dos separadores	n.a
13 05 08	Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água	n.a
15 01 10	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	n.a
15 02 02 (*)	Absorventes, materiais filtrantes	Bidon 200 l
16 03 05 (*)	Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas	Bidon 200 l
17 01 01	Betão	Contentor 6 m <sup>3</sup>
17 01 07	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06	Contentor 6 m <sup>3</sup>
17 02 01	Madeira	Contentor 30 m <sup>3</sup>
17 02 02	Vidro	Contentor 6 m <sup>3</sup>
17 02 03	Plástico	"Big-bag"
17 03 01	Misturas betuminosas contendo alcatrão	n.a
17 04 03	Chumbo	"Big-bag"
17 04 05	Ferro e aço	Contentor 30 m <sup>3</sup>
17 05 03 (*)	Solos e rochas contendo substâncias perigosas	n.a
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	n.a
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	n.a
17 06 05 (*)	Materiais de construção contendo amianto	Contentor 6 m <sup>3</sup>
17 09 04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	Contentor 6 m <sup>3</sup>
20 01 39	Plásticos	"Big-bag"
20 01 99	Outras fracções não anteriormente especificadas	Contentor 120 l
20 03 01	Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos	"Big-bag"

Legenda: n.a – não aplicável; (\*) resíduo identificado como perigoso pela LER

O armazenamento provisório em obra das misturas de água com óleo proveniente dos separadores e das misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água é realizado no próprio desarenador e quando este atinge a sua capacidade máxima a recolha destes resíduos é realizada por uma empresa especializada e com camiões cisterna adequados para o efeito. As embalagens contendo resíduos de substâncias perigosas ou por eles contaminadas mantêm-se armazenadas no mesmo local das embalagens cheias sobre uma bacia de retenção. As misturas betuminosas contendo alcatrão, solos e rochas contendo substâncias perigosas, solos e rochas não abrangidos em 17 05 03, materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03, são colocados directamente sobre os camiões e retirados de imediato da obra se as quantidades o justificarem, senão são armazenados provisoriamente a granel sobre plástico na obra.

Após a definição das acções a tomar quanto à gestão de resíduos é necessário implementá-las na fase de construção. Nesta fase são distribuídos pelas frentes de trabalhos contentores e são sinalizadas áreas de armazenamento provisório para os diferentes resíduos (madeira, ferro, betão, plástico, material inerte, etc.). Da Figura 16 à Figura 23 apresentam-se fotografias de diferentes tipos de contentores utilizados em obra e áreas de armazenamento definidas nas frentes de trabalho. No anexo 1 relativo à reportagem fotográfica encontram-se outros exemplos de armazenamento provisório para os diferentes resíduos aplicados nos casos de estudo.



Figura 16 – Contentor para metais (sucata de ferro)





Figura 17 - Contentor para os sacos de bentonite



Figura 18 - Contentor do RSU nas frentes de trabalho



Figura 19 - Contentor de resíduos de papel e plástico



Figura 20 - Identificação da área de armazenamento temporário de resíduos



Figura 21 - Contentor de resíduos de betão



Figura 22 - Bidons de recolha de terras contaminadas



Figura 23 - Área de armazenamento temporário de resíduos

No arranque dos trabalhos da obra são, ainda, implementadas outras medidas definidas na fase de preparação do arranque, tais como, implementação das medidas de minimização de criação de resíduos, recolha dos resíduos com a frequência determinada anteriormente, preenchimento de registos e elaboração de relatórios. Entende-se por medidas de minimização de criação de resíduos todas as acções implementadas para evitar e minimizar a criação destes durante a fase de construção. Nos três casos de estudo foram, entre outras, as seguintes medidas:

- Colocar bacias de retenção por baixo de geradores para evitar o eventual derrame no solo de óleos;
- Construir coberturas sobre os geradores para evitar a acumulação de água da chuva na bacia de retenção e evitar criar o resíduo águas oleosas;
- Colocar o depósito de gasóleo sobre uma zona impermeabilizada e sobre uma bacia de retenção;
- Recolher, de imediato, as terras contaminadas para bidons identificados, evitando, assim, o alastramento de áreas contaminadas e penetração do resíduo no solo;
- Criar vários kits de emergência, de uso fácil, para actuar de imediato no caso de derrames e evitar o alastramento das áreas contaminadas;
- Armazenar substâncias perigosas sobre zonas impermeabilizadas, de modo a evitar contaminações do solo;
- Realizar a manutenção de equipamentos em zonas impermeabilizadas.

Da Figura 24 à Figura 29 apresentam-se fotografias de alguns exemplos de medidas de minimização implementadas nas frentes de trabalho. No capítulo relativo à reportagem fotográfica encontram-se outros exemplos de medidas de minimização implementadas nos casos de estudo.



Figura 24 - Colocação dos geradores sobre bacia de retenção



Figura 25 - Criação de uma cobertura para o gerador



Figura 26 - Protecção do gerador



Figura 27 - Depósito de gasóleo colocado em zona impermeabilizada



Figura 28 - Área de armazenamento impermeabilizada



Figura 29 - Montagem de bacia de retenção para colocação de geradores

A implementação das medidas descritas é acompanhada por técnicos especializados e com formação na área do ambiente. Este acompanhamento é diário com visitas às frentes de trabalho. Nestas visitas são verificadas as medidas estipuladas e realizadas correcções, caso seja necessário, são, também, elaboradas checklist de verificação semanalmente e relatórios mensais, que evidenciam as medidas aplicadas. Os resíduos gerados nas obras são inventariados quando são transportados para o exterior por um operador licenciado através das guias emitidas. Estes operadores seleccionados emitem obrigatoriamente uma guia que é devolvida à obra totalmente preenchida. Após recepção das guias, estas são confirmadas e arquivadas.

Com o acompanhamento da obra pretende-se que todos os colaboradores internos ou externos (subempreiteiros) tenham uma preocupação crescente pela questão ambiental e, através de acções de sensibilização e formação é-lhes sugerida toda uma série de boas práticas a seguir na execução dos trabalhos. Durante a implementação de um sistema de gestão de resíduos tem que se garantir que o sistema é entendido por todos os intervenientes e que os contentores colocados em obra são utilizados de acordo com o que foi definido. Por conseguinte, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Informação a todos os trabalhadores na obra;
- Motivação dos trabalhadores.

A implementação do sistema voluntário de SGA e toda a documentação a ele associada influencia o desempenho ambiental da obra. Desta forma a obra é pensada com antecedência e as acções são implementadas desde o seu início.

Para prosseguir com a ACV, no final das obras, foi compilado o inventário dos resíduos. Este inventário foi parcialmente elaborado mensalmente recorrendo às guias emitidas. Os dados utilizados são iguais aos dados introduzidos anualmente no Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente (SIRAPA). As Tabelas 9, 10 e 11 mostram o inventário dos resíduos de construção das três obras em estudo onde estão classificados em 45 códigos de acordo com a LER, e a sua ponderação no total de resíduos gerados.

Tabela 9 – Inventário dos resíduos do 1º caso de estudo

Código	Resíduos	t	%
<b>10 11 03</b>	Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro	11	0,004
<b>12 01 01</b>	Aparas e limalhas de metais ferrosos	20	0,008
<b>12 01 05</b>	Aparas de matérias plásticas	8	0,003
<b>13 02 08 (*)</b>	Outros óleos	1,78	0,001
<b>13 05 07 (*)</b>	Misturas água com óleo proveniente dos separadores	28,48	0,011
<b>13 05 08 (*)</b>	Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água	15,34	0,006
<b>15 01 10 (*)</b>	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	0,33	0,000
<b>15 02 02 (*)</b>	Absorventes, materiais filtrantes	1,5	0,001
<b>17 01 01</b>	Betão	2719	1,033
<b>17 02 01</b>	Madeira	95	0,036
<b>17 02 03</b>	Plástico	244	0,093
<b>17 04 05</b>	Ferro e aço	240	0,091
<b>17 05 03 (*)</b>	Solos e rochas contendo substâncias perigosas	640	0,243
<b>17 09 04</b>	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	259000	98,406
<b>20 01 39</b>	Plásticos	71	0,027
<b>20 01 99</b>	Outras fracções não anteriormente especificadas	34	0,013
<b>20 03 01</b>	Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos	65	0,025

Legenda: (\*) resíduo identificado como perigoso pela LER

Tabela 10 – Inventário dos resíduos do 2º caso de estudo

Código	Resíduos	t	%
15 01 10 (*)	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	2	0,056
16 03 05 (*)	Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas	14,6	0,411
17 01 01	Betão	566	15,636
17 01 07	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06	2461	69,209
17 02 01	Madeira	156,7	4,407
17 02 02	Vidro	2,5	0,070
17 02 03	Plástico	0,6	0,017
17 03 01 (*)	Misturas betuminosas contendo alcatrão	3	0,084
17 04 03	Chumbo	7,6	0,214
17 04 05	Ferro e aço	62,5	1,758
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	207	5,821
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	6,4	0,180
17 06 05 (*)	Materiais de construção contendo amianto	67,9	1,910
17 09 04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	6,6	0,186
20 01 39	Plásticos	1,5	0,042

Legenda: (\*) resíduo identificado como perigoso pela LER

Tabela 11 – Inventário dos resíduos do 3º caso de estudo

Código	Resíduos	t	%
13 01 05 (*)	Emulsões não cloradas	0,8	0,001
13 02 08 (*)	Outros óleos	0,12	0,000
13 05 07 (*)	Misturas água com óleo proveniente dos separadores	2,52	0,002



Tabela 11 (continuação) - Inventário dos resíduos do 3º caso de estudo

Código	Resíduos	t	%
13 07 01 (*)	Fuelóleo e gasóleo	0,7	0,001
13 08 02	Outras emulsões	0,13	0,000
15 01 01	Embalagens de cartão e papel	18,5	0,016
15 01 02	Embalagens de plásticos	5,3	0,005
15 01 07	Embalagens de vidro	0,06	0,000
15 01 10 (*)	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	2,9	0,002
15 02 02 (*)	Absorventes, materiais filtrantes	1,1	0,001
16 01 03	Pneus usados	16,8	0,014
16 06 01 (*)	Pilhas de chumbo	0,01	0,000
17 01 01	Betão	4208,6	3,612
17 01 06 (*)	Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, contendo substâncias perigosas	17,86	0,015
17 01 07	Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos não abrangidas em 17 01 06	4506,59	3,868
17 02 01	Madeira	46,32	0,040
17 02 03	Plástico	32,1	0,028
17 02 04 (*)	Vidro, plástico e madeira, contendo substâncias perigosas	0,08	0,000
17 03 02	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01	5368,28	4,608
17 04 01	Cobre, bronze e latão	0,39	0,000
17 04 05	Ferro e aço	134,72	0,116
17 04 07	Misturas de metais	20,75	0,018
17 05 03 (*)	Solos e rochas contendo substâncias perigosas	4,40	0,004
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	423,24	0,363
17 06 03 (*)	Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas	0,95	0,001
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 05 03	1,42	0,001

Tabela 11 (continuação) - Inventário dos resíduos do 3º caso de estudo

Código	Resíduos	t	%
<b>17 06 05 (*)</b>	Materiais de construção contendo amianto	7,57	0,006
<b>17 09 04</b>	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	101681,65	87,273
<b>20 01 01</b>	Papel e cartão	0,69	0,001
<b>20 01 02</b>	Vidro	0,45	0,000
<b>20 01 36</b>	Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso	0,24	0,000
<b>20 01 38</b>	Madeira não abrangida em 20 01 37	0,7	0,001
<b>20 02 01</b>	Resíduos biodegradáveis	2,8	0,002
<b>20 03 07</b>	Monstros	0,46	0,000

Legenda: (\*) resíduo identificado como perigoso pela LER

Nos casos de estudo foi avaliada a origem dos resíduos gerados em obra e elaborada a sua listagem nas Tabelas 11, 12 e 13. Seguidamente, descreve-se sucintamente a sua origem por resíduo.

i) Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro – 10 11 03

Este resíduo é proveniente das fossas sépticas existentes em obra. Como no 1º caso de estudo, em fase de obra, não existia rede de saneamento, foi necessário implementar uma rede de saneamento com ligação a uma fossa séptica. Após desmontagem da fossa, esta ficou danificada e não pôde ser reutilizada, tendo sido considerada resíduo.

ii) Aparas e limalhas de metais ferrosos – 12 01 01

Este resíduo é proveniente de corte e furação de chapas ou estruturas metálicas. Quando se realiza este corte o resíduo fica em aparas/ limalhas. Este resíduo existiu apenas no 1º caso de estudo.

iii) Aparas de matérias plásticas – 12 01 05

Os resíduos classificados como aparas de matérias plásticas são provenientes do corte de tubagem de polietileno de alta densidade (PEAD). Este corte teve de ser realizado para criar

aberturas na tubagem e cortá-la à medida. Este resíduo existiu apenas no 1º caso de estudo. Esta situação pode ser visualizada nas fotografias das Figuras 30 e 31.



Figura 30 - Área de armazenamento temporário de resíduos de PEAD



Figura 31 – “Big bag” com resíduos do corte de PEAD

iv) Emulsões não cloradas - 13 01 05

Este resíduo é proveniente da manutenção de alguns equipamentos. Este resíduo é classificado como perigoso de acordo com LER. Este resíduo existiu apenas no 3º caso de estudo.

v) Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação - 13 02 08

Nos 1º e 3º casos de estudo foi realizada a manutenção do equipamento e máquinas na própria obra. Desta manutenção resultaram óleos de motores e de lubrificação que são classificados com o código LER 13 02 08 que considera estes resíduos como perigosos.

vi) Água com óleo proveniente dos separadores óleo/ água - 13 05 07

Este resíduo é resultante do separador de hidrocarbonetos existente nos 1º e 3º casos de estudo, que estavam localizado na área de manutenção dos equipamentos, das máquinas e no posto de abastecimento. A função dos separadores é o tratamento de águas contaminadas com óleos minerais que são oriundas da lavagem da área de manutenção. Da limpeza do separador resulta este resíduo. A estes resíduos são, ainda, acrescentadas as águas acumuladas nas bacias de retenção de produtos perigosos ou de geradores. No 2º caso de estudo em que não existe separador de hidrocarbonetos, porque não existe área de manutenção, nem posto de abastecimento, este resíduo é resultante apenas das águas acumuladas nas bacias de retenção de produtos ou de geradores. Este resíduo é classificado como perigoso de acordo com LER.

vii) Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água - 13 05 08

Tal como o resíduo 13 05 07, este resíduo é resultante da limpeza do separador de hidrocarbonetos mencionado no ponto acima. Este resíduo existiu nos 1º e 3º casos de estudo, sendo classificado como perigoso de acordo com LER.

viii) Fuelóleo e gasóleo - 13 07 01

Nas obras existem diversos equipamentos (compressores, geradores, máquinas, cilindros manuais, equipamento pesado) que trabalham a fuelóleo e gasóleo e por vezes podem surgir algumas sobras. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo. Este resíduo é classificado como perigoso de acordo com LER.

ix) Outras emulsões - 13 08 02

Este resíduo é proveniente da manutenção de equipamentos. Este resíduo é classificado como perigoso de acordo com LER. Este resíduo existiu apenas no 3º caso de estudo.

x) Embalagens de papel e cartão - 15 01 01

Alguns materiais de construção, principalmente os materiais de acabamentos, como por exemplo, azulejos e material eléctrico, são transportados para a obra, embalados em caixas de papel/ cartão. Estas embalagens são triadas em obra para posterior envio ao operador. Este resíduo foi classificado com este código apenas no 3º caso de estudo. Nos 1º e 2º casos não foi produzido o resíduo papel. Os locais de triagem podem ser visualizados na Figura 32.



Figura 32 - Vista do ecoponto junto à cantina

xi) Embalagens de plástico - 15 01 02

Alguns materiais de construção, principalmente o tijolo, sacos de cimento e tubagem são transportados para a obra, sobre paletes de madeira com filme de protecção. Estas embalagens são triadas em obra para posterior envio ao operador. Este resíduo foi classificado com este código apenas no 3º caso de estudo. Nos outros casos de estudo estes resíduos foram classificados com outro código LER. Esta situação pode ser visualizada na Figura 33.



Figura 33 - Contentor de resíduos de papel e plástico

xii) Embalagens de vidro - 15 01 07

Este tipo de resíduo resulta, nas obras que têm cantina, da separação das embalagens de vidro. Este resíduo foi classificado com este código apenas no 3º caso de estudo. Nos restantes

casos de estudo este resíduo não existiu.

- xiii) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas -  
15 01 10

As embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas podem ser encontradas em todos os tipos de obra. As embalagens, normalmente, encontram-se vazias, mas contaminadas por resíduos de substâncias perigosas, tais como óleo, gasóleo, tintas e outros. Este resíduo existiu nos três casos de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

- xiv) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de protecção, contaminados por substâncias perigosas – 15 02 02

Este resíduo é oriundo da realização da manutenção do equipamento e das máquinas e da actividade do posto de abastecimento em obra. Este resíduo existiu no 1º e 3º casos de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

- xv) Pneus usados - 16 01 03

Este resíduo é pouco frequente como resíduo resultante da obra e por vezes já se encontra no terreno onde a mesma é implantada, o que aconteceu no 3º caso de estudo analisado.

- xvi) Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas – 16 03 05

Este resíduo é de origem alimentar. Este resíduo existiu no 2º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

- xvii) Acumuladores de chumbo - 16 06 01

Este resíduo é proveniente da manutenção de equipamentos. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

- xviii) Betão – 17 01 01

O betão é gerado nas obras onde se realizam estruturas de betão. Este resíduo é resultante da lavagens das caleiras e das autobetoneiras, de demolições devido ao processo construtivo adoptado, de demolições de estruturas provisórias construídas durante a obra ou mesmo de

demolição de estruturas já existentes. Este resíduo existiu nos três casos de estudo. Esta situação pode ser visualizada na Figura 34.



Figura 34 - Resíduo de betão

- xix) Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06

Estes resíduos podem ser encontrados em obras de demolição, ou seja, como resultado da demolição de estruturas já existentes. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

- xx) Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06 - 17 01 07

Este resíduo pode ser encontrado em obras de demolição, ou seja, como resultado da demolição de estruturas já existentes, ou ter origem na abertura de roços para colocação de tubagem inerente ao processo de construção em obras novas. Este resíduo existiu nos 2º e 3º casos de estudo.

- xxi) Madeira – 17 02 01

A madeira pode ser encontrada em todos os tipos de obra, nomeadamente, construção nova, demolição ou reconstrução. Nos resíduos de construção, a madeira assume maior relevância devido à execução de novas cofragens, podendo também advir de embalagens, como, por

exemplo, de paletes que são usadas para facilitar o transporte de diversos materiais. Este resíduo existiu nos três casos de estudo.

xxii) Vidro – 17 02 02

Este material é resultante da actividade de demolição de edifícios e oriundo dos vidros das caixilharias. Este resíduo existiu no 2º caso de estudo.

xxiii) Plástico – 17 02 03

Os plásticos utilizados, hoje em dia, na construção, como o polietileno (PE), polipropileno (PP), cloreto de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), poliestireno expandido (EPS), poliuretano (PUR) e poliestireno reticulado (PEX), são provenientes de cabos, tubos e embalagens. Este resíduo existiu nos três casos de estudo.

xxiv) Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas -  
17 02 04

Este resíduo pode ser encontrado em obras de demolição, ou seja na demolição de estruturas já existentes. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxv) Misturas betuminosas contendo alcatrão – 17 03 01

Quando numa obra se realiza uma demolição de pavimentos exteriores antigos pode surgir este tipo de resíduo. Este resíduo existiu no 2º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxvi) Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01 - 17 03 02

Quando numa obra se realiza a demolição de pavimentos exteriores antigos pode dar-se origem a este tipo de resíduo. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxvii) Cobre, bronze e latão - 17 04 01

Este resíduo resulta de obras de demolição de estruturas já existentes. A sua origem é normalmente resultante de tubagem, rufos e coberturas existentes. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo.



xxviii) Chumbo – 17 04 03

Este resíduo resulta de obras de demolição de estruturas já existentes. Este resíduo existiu no 2º caso de estudo.

xxix) Ferro e aço - 17 04 05

Os metais tais como varão, aço e malhasol, são usados para incorporar no betão armado. Este resíduo pode ser gerado pelos restos de metais sobrantes ou como resultado da separação de betão armado demolido. Este resíduo existiu nos três casos de estudo. Esta situação pode ser visualizada na Figura 35.



Figura 35 - Contentor da sucata de ferro

xxx) Mistura de metais - 17 04 07

Na mistura de metais podem ser incluídos o varão, o aço e o malhasol, bem como embalagens vazias metálicas não contaminadas. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo.

xxxi) Solos e rochas contendo substâncias perigosas – 17 05 03

Este resíduo é resultante da contaminação dos solos com óleos provenientes de derrames de substâncias perigosas, como por exemplo, óleos de máquinas. É armazenado provisoriamente na obra e posteriormente enviado para operador autorizado. Este resíduo existiu nos 1º e 3º casos de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxxii) Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03 – 17 05 04

Este resíduo resulta de movimentos de terras e dos trabalhos de escavação. Este resíduo existiu nos 2º e 3º casos de estudo.

xxxiii) Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas – 17 06 03

Este resíduo resulta de obras de demolição de estruturas já existentes. Tem origem em coberturas existentes contendo isolamentos constituídos por substâncias perigosas. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxxiv) Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03 – 17 06 04

A actividade de demolição de um edifício dá origem a este tipo de resíduo. Este resíduo existiu nos 2º e 3º casos de estudo.

xxxv) Materiais de construção contendo amianto – 17 06 05

Este tipo de resíduos tem origem na demolição de edifícios antigos onde existem coberturas com amianto. Este resíduo existiu nos 2º e 3º casos de estudo e é classificado como perigoso de acordo com LER.

xxxvi) Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 - 17 09 04

O resíduo de mistura de RCD resulta da demolição de paredes para abrir roços ou da demolição de edifícios existentes, habitualmente pode conter algumas impurezas. Este resíduo existiu nos três casos de estudo.

xxxvii) Papel e cartão - 20 01 01

Este tipo de resíduo resulta do facto de alguns materiais de construção, principalmente os materiais de acabamentos, como por exemplo, azulejos e material eléctrico, serem transportados para a obra, embalados em caixas de papel/ cartão. Estas embalagens são triadas em obra para posterior envio a operador autorizado. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo.

xxxviii) Vidro - 20 01 02

Este material é resultante da actividade de demolição de edifícios e oriundo dos vidros das caixilharias, bem como das embalagens de vidro resultantes da actividade da cantina. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo.

xxxix) Madeira não abrangida em 20 01 37 - 20 01 38

A madeira pode ser encontrada em todos os tipos de obra, nomeadamente, construção nova, demolição ou reconstrução. Nos resíduos de construção, a madeira assume maior relevância devido à execução de cofragens novas, podendo também advir de embalagens, como por exemplo, de paletes que são usadas para facilitar o transporte de diversos materiais. A madeira foi no 3º caso de estudo classificada com este código e foi, também, classificada como 17 02 01. Este resíduo existiu no 3º caso de estudo.

xl) Plásticos – 20 01 39

Este resíduo pode ser classificado com dois códigos LER 20 01 39 ou LER 17 02 03. Ambos são oriundos de embalagens e dependem do tipo de trabalhos de construção efectuados. Este resíduo existiu nos 1º e 2º casos de estudo.

xli) Outras fracções não anteriormente especificadas – 20 01 99

Os resíduos industriais banais que por vezes são muito difíceis de reciclar são encaminhados para operador autorizado com o código LER 20 01 99. Este resíduo existiu no 1º caso de estudo.

xlii) Resíduos biodegradáveis - 20 02 01

Este resíduo tem origem nos resíduos verdes, como por exemplo ramos, arbustos que normalmente existem na fase de decapagem de uma obra. Este tipo de resíduo existiu no 3º caso de estudo.

xliii) Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos 20 03 01

A quantidade de resíduos provenientes das zonas sociais e escritórios depende directamente do número de trabalhadores existentes na obra. Estes resíduos equiparam-se a lixos domésticos, RSU, mas têm uma percentagem menor de material orgânico. Estes resíduos foram recolhidos pelos serviços municipais e existiram no 1º caso de estudo. Esta situação pode ser visualizada na fotografia da Figura 36.



Figura 36 - Zona de depósito de RSU

xliv) Monstros - 20 03 07

Este resíduo não resulta directamente da actividade de construção, mas da existência deste resíduo no local de implantação da obra e existiu no 3º caso de estudo.

No início das obras são várias as medidas que são implementadas, uma das quais, como já referido anteriormente, trata da recolha dos resíduos. Os resíduos dos três casos de estudo foram tratados por operadores acreditados para o efeito e os destinos seleccionados foram destinos licenciados para o efeito. Na fase de arranque de obra é realizado um estudo de mercado e após análise do resultado são seleccionados os operadores e os destinos para os resíduos. Nesta selecção são analisados o licenciamento do operador e o custo da operação, ou seja se operador tem licença para exercer a sua actividade de tratamento dos resíduos. No anexo 2 é apresentada uma listagem com o inventário de resíduos gerados, a solução de tratamento adoptada para cada caso de estudo.

Após análise dos dados da produção de resíduos inventariados ao longo deste estudo verificou-se que os resíduos poderiam ser agrupados em 8 grandes grupos, nomeadamente, resíduos inertes/ demolição, metais/ sucata, madeira, plásticos, óleo usado, vidros, águas oleosas e papel. Esta fusão deve-se aos seguintes factos:

- Alguns códigos LER utilizados corresponderem a resíduos iguais, como por exemplo, plásticos;

- Outros resíduos terem destinos iguais, como por exemplo, betão e misturas de resíduos de construção e demolição.

Devido à falta de elementos em alguns casos, nomeadamente, no que se refere ao desconhecimento do destino do resíduo ou às pequenas quantidades envolvidas, alguns resíduos não foram incluídos no estudo, tais como, material absorvente, solo e rochas contendo substâncias perigosas. Depois da união dos resíduos em grupos foram determinadas as quantidades de resíduos por grupo. Os resultados deste agrupamento estão apresentados na Tabela 12 (1º caso de estudo), Tabela 13 (2º caso de estudo) e Tabela 14 (3º caso de estudo).

Tabela 12 – Agrupamento dos resíduos no 1º caso de estudo

Resíduos	Grupo de resíduos
Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Betão	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Aparas e limalhas de metais ferrosos	Metais
Ferro e aço	Metais
Aparas de matérias plásticas	Plásticos
Plástico	Plásticos
Outros óleos	Óleos
Misturas Água com óleo proveniente dos separadores	Águas oleosas
Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água	Águas oleosas
Madeira	Madeira
Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Absorventes, materiais filtrantes	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Solos e rochas contendo substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Outras fracções não anteriormente especificadas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo

Tabela 13 – Agrupamento dos resíduos no 2º caso de estudo

Resíduos	Grupo de resíduos
Betão	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Plástico	Plásticos
Vidro	Vidros
Ferro e aço	Metais
Madeira	Madeira
Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Misturas betuminosas contendo alcatrão	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Chumbo	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Materiais de construção contendo amianto	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo

Tabela 14 – Agrupamento dos resíduos no 3º caso de estudo

Resíduos	Grupo de resíduos
Betão	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição
Embalagens de plásticos	Plásticos
Plástico	Plásticos
Embalagens de vidro	Vidros
Vidro	Vidros
Ferro e aço	Metais

Tabela 14 (continuação) - Agrupamento dos resíduos no 3º caso de estudo

Resíduos	Grupo de resíduos
Misturas de metais	Metais
Outros óleos	Óleos
Emulsões não cloradas	Águas oleosas
Misturas Água com óleo proveniente dos separadores	Águas oleosas
Madeira	Madeira
Madeira não abrangida em 20 01 37	Madeira
Embalagens de cartão e papel	Papel
Papel e cartão	Papel
Fuelóleo e gasóleo	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Outras emulsões	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Absorventes, materiais filtrantes	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Pneus usados	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Pilhas de chumbo	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, contendo substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Vidro, plástico e madeira, contendo substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Cobre, bronze e latão	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Solos e rochas contendo substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Materiais de isolamento não abrangidos em 17 05 03	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Materiais de construção contendo amianto	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Resíduos biodegradáveis	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo
Monstros	Resíduo não agrupado e não considerado no estudo

Na Tabela 15 apresentam-se os grupos de resíduos, respectivas quantidades em toneladas, as distâncias em quilómetros percorridas pelos resíduos até ao local de tratamento e o tipo de tratamento consideradas no trabalho para os três casos de estudo.

Tabela 15 – Identificação dos grupos finais de resíduos, respectivas quantidades, distância a que foi realizado o tratamento e tipo de tratamento

Grupo	Grupo de resíduo	Quantidade (t)	Distância (km)	Tipo de tratamento
<b>1º caso de estudo</b>				
1	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	261730	20	Aterro
2	Metais/ Sucata	260	250	Reciclagem
3	Madeira	95	110	Reciclagem
4	Plásticos	87	210	Reciclagem
5	Óleo usado	2	590	Reciclagem
6	Vidro	0	0	---
7	Águas oleosas	44	150	Reciclagem
8	Papel	0	0	---
<b>2º caso de estudo</b>				
1	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	3034	20	Aterro
2	Metais/ Sucata	63	115	Reciclagem
3	Madeira	157	125	Reciclagem
4	Plásticos	0,6	30	Reciclagem
5	Óleo usado	0	0	---
6	Vidro	2,5	30	Reciclagem
7	Águas oleosas	0	0	---
8	Papel	0	0	---
<b>3º caso de estudo</b>				
1	Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	105908	*	Aterro
2	Metais/ Sucata	156	*	Reciclagem
3	Madeira	46	*	Reciclagem
4	Plásticos	37	*	Reciclagem
5	Óleo usado	0,12	*	Reciclagem
6	Vidro	0,5	*	Reciclagem
7	Águas oleosas	3	*	Reciclagem
8	Papel	19	*	Reciclagem

Legenda: (\*) Dados não fornecidos pelos operadores. Neste caso a distância considerada foi de 50km para todos os grupos de resíduos.



Nesta tese não foi possível reunir alguma informação como, por exemplo, no 3º caso de estudo, as distâncias percorridas pelos resíduos até ao local de tratamento nem o tipo de operação/ tratamento realizado, porque esta informação não se encontrava disponível por parte dos operadores. Neste caso, foi considerado que os resíduos tiveram o mesmo tratamento que no 1º e 2º casos de estudo, e foi considerado que o destino/ tratamento desses resíduos se encontrava a uma distância de 50km.

Na tabela anterior verifica-se o grupo resíduo inerte/ resíduos de demolição em todos os casos de estudo tem um valor superior aos restantes grupos da ordem de 99,8% no 1º caso de estudo, 93,2% no 2º caso de estudo e 99,8% no 3º caso de estudo. Constata-se, ainda que no 1º caso de estudo não existiram resíduos de vidro, nem de papel, no 2º caso de estudo não foram gerados resíduos de óleo usado, águas oleosas e papel e no 3º caso de estudo não foram gerados resíduos de óleo usado.

No decorrer deste estudo verificou-se, no preenchimento do SIRAPA e na informação recepcionada pela obra por parte dos operadores e/ou destinatários finais, que o destino final dos resíduos foi maioritariamente o aterro (eliminação). Este foi o destino de 99% da massa de resíduos produzidos no 1º caso de estudo, 93% da massa de resíduos produzidos no 2º caso de estudo e 95% da massa de resíduos produzidos no 3º. Verifica-se este resultado, porque nas obras analisadas, o resíduo gerado em maior quantidade é o designado por resíduo inerte/ resíduos de demolição. Curiosamente, este resíduo é utilizado em dois dos casos de estudo como material de aterro, na recuperação de uma antiga pedreira, o que significa que a parcela de resíduos de inerte/ resíduo de demolição considerada como eliminação foi na realidade utilizada como valorização. Na Figura 37 apresenta-se um gráfico que representa o destino final dos resíduos gerados, nos diferentes casos de estudo.

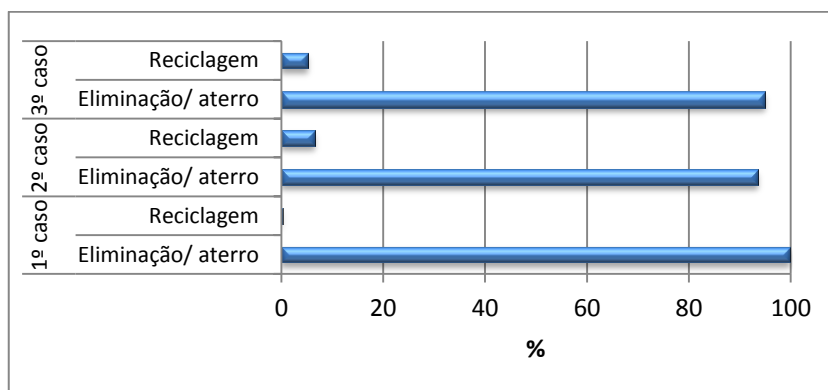


Figura 37 – Destino final dos resíduos em %

No entanto, se fizermos o estudo em função do número de grupos de resíduos que foram enviados para o destino final, e comparando os resultados obtidos com os representados na Figura 37, verifica-se que o grupo 1 (resíduo inerte/ resíduos de demolição) tem um peso relativo preponderante que acaba por inverter os resultados. Quando fazemos a análise em peso relativo o destino eliminação em aterro é significativo. A causa destes resultados é a quantidade de resíduo inerte/ resíduos de demolição gerada ser elevada. Quando realizamos a análise por grupo de resíduo a explicação da inversão dos resultados deve-se ao facto de 7 dos 8 grupos de resíduos terem como tratamento a reciclagem.

Na Tabela 16 apresentam-se para os grupos os resíduos resíduo inerte/ resíduo de demolição, metais/ sucata e madeira, a quantidade em toneladas do resíduo gerado, a quantidade de material consumida que gerou o resíduo e os índices obtidos. O índice 1 é o cociente entre a quantidade em toneladas do resíduo gerado e a quantidade material consumida em m<sup>3</sup>. O índice 2 converte o índice 1, que se apresenta na unidade (t resid/ m<sup>3</sup> mat), na unidade (t resid/ t mat). Para realizar esta conversão considerou-se para o betão a densidade de 2400 kg/m<sup>3</sup> e para a madeira de cofragem a densidade de 700 kg/m<sup>3</sup>.

Tabela 16- Cálculo do índice de resíduos gerados por quantidade de material para três grupos de resíduos

Grupo de resíduo	Resíduo (t)	Consumo de materiais	Índice (1) (t resid/ m <sup>3</sup> mat)	Índice (2) (t resid/ t mat)
<b>1º caso de estudo – Mira</b>				
Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	261 730	174 615 (m <sup>3</sup> )	1,5000	0,6250
Metais/ Sucata	260	3 135 (t)	---	0,0829
Madeira	95	225 (m <sup>3</sup> )	0,4222	0,6032
<b>2º caso de estudo – Coimbra</b>				
Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	3 034	23 713 (m <sup>3</sup> )	0,1280	0,0533
Metais/ Sucata	63	1 390 (t)	---	0,0453
Madeira	157	100 (m <sup>3</sup> )	1,5700	2,2429
<b>3º caso de estudo - Gondomar</b>				
Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	105 908	7 106 028 (m <sup>3</sup> )	0,0150	0,0062
Metais/ Sucata	156	3 111 (t)	---	0,0501
Madeira	46	31 962 (m <sup>3</sup> )	0,0014	0,0021

Da leitura destes resultados resultaram as seguintes conclusões:

- O índice de resíduo varia com o tipo de obra;
- O índice pertencente ao grupo de metais/sucata é da mesma ordem de grandeza nos três casos de estudo;
- O índice inerte/resíduos de demolição varia nos três casos de estudo.

Bossink e Brouwers (1996) concluíram num estudo realizado sobre a quantificação do resíduo de construção, que o valor de resíduo para cada material é aproximadamente entre 1% e 10% do valor de material de construção comprado. Como referido da leitura dos resultados nos três casos de estudo analisados verifica-se que estes resultados estão de acordo com a conclusão de Bossink e Brouwers, à excepção dos resultados obtidos para o resíduo inerte/ resíduos de demolição e do resíduo madeira para o 1º e 2º casos, respectivamente. Esta discrepância é consequência da particularidade das obras. No 1º caso de estudo a quantidade de resíduo inerte/ resíduos de demolição gerada é elevada devido à existência da demolição de estruturas provisórias realizadas no decorrer da obra e devido à necessidade da demolição parcial da parede moldada dos poços para execução da viga de coroamento. Para o resíduo madeira verificou-se que a quantidade consumida nos 1º e 2º casos de estudo foi reduzida, o pouco consumo deve-se ao facto de nestes dois casos as cofragem serem metálicas e não em madeira como tinha acontecido no 3º caso de estudo, facto que ocasionou que o cociente entre a quantidade do resíduo gerado e a quantidade material consumida ter sido elevado. No 2º caso de estudo verificou-se, ainda, que houve produção de mais resíduo de madeira do que a quantidade de madeira utilizada, devido à particularidade de o resíduo de madeira ser constituído, também, por paletes de madeira não recuperáveis. O acondicionamento de alguns materiais fornecidos, tais como, sacos de cimento, tijolo, azulejos foi feito sobre paletes de madeira que, algumas vezes, não foram recolhidas pelos fornecedores e/ ou não foram recuperáveis devido ao seu estado de degradação, aumentando assim o valor final do resíduo de madeira.

Na Figura 38 mostra-se a triagem de paletes de madeira.



Figura 38 - Triagem de paletes de madeira

Estes índices são úteis, porque possibilitam o cálculo da quantidade de resíduos a gerar e para que na fase de planeamento da obra se faça uma estimativa do número e tipo de contentores necessários, localização dos mesmos, empresas de recolha a contactar, número de recolhas, custos inerentes, número de colaboradores necessários e demais problemas que possam surgir em função da especificidade da obra a realizar.

### **5.3. Metodologia de caracterização do transporte**

Para prosseguir com a ACV é necessário efectuar as simulações relativas ao transporte dos resíduos e a metodologia adoptada consistiu em avaliar as distâncias percorridas, entre a obra e os destinos finais. Identificaram-se os pontos de destino dos resíduos, mediante diversas pesquisas e contactos estabelecidos com as empresas gestoras de resíduos/ operadores, que efectuem a recolha e conduziram para tratamento os resíduos dos três casos de estudo. É importante referir que o meio de transporte depende da escolha do tipo de contentores a usar em obra e dos equipamentos disponíveis nos transportadores. O meio de transporte utilizado para a recolha dos resíduos nos três casos de estudo foi o camião e as distâncias decorridas estão apresentadas na Tabela 15.

Para facilitar o cálculo das emissões dos transportes foi utilizada a base de dados Ecoinvent. Neste estudo foi considerado que na viagem para a obra o camião circula vazio e na viagem de

regresso para o local de tratamento/ deposição do resíduo, circula cheio. Considerou-se que as distâncias destas viagens são iguais.

#### **5.4. Metodologia de caracterização do processo de tratamento de resíduos**

Após conclusão das obras e da inventariação dos resíduos é necessário proceder à avaliação dos impactes. Nesta fase é necessário obter dados a partir de bases de dados para os vários processos de tratamento para os diferentes resíduos. A redução a oito grupos de resíduos facilitou a análise e selecção dos dados. Para cada grupo foram seleccionados processos de tratamento a partir de bases de dados existentes, Ecoinvent (Ecoinvent Center, 2010), Buwal (BAFU, 2010) e DK and EU27 IO (2.0-LCA consultants, 2011), Worldsteel (World Steel Association, 2011) e Franklin USA (Pré-product ecology consultants, 2010). Durante a selecção foram analisados os destinos dos resíduos identificados no anexo 1 e os dados existentes nas bases de dados.

Vários programas de computador e bases de dados têm sido desenvolvidos para apoiar a avaliação de estudos ambientais de ACV. O SimaPro, um dos programas utilizado, dispõe de uma vasta base de dados. Para este estudo, o programa informático foi usado apenas para consulta das bases de dados. A versão SimaPro7.3 dispõe das seguintes bases de dados: ecoinvent v.2.2, US LCI, ELCD, US Input Output, EU and Danish Input Output, Dutch Input Output, LCA Food, Industry data v.2.

A base de dados Ecoinvent v.2.2 desenvolvida pela Ecoinvent Center é bastante fiável e completa e com mais de 4000 dados nas áreas de agricultura, energia, transportes, biocombustíveis e biomateriais, produtos químicos, materiais de construção, embalagem, metais, electrónica e tratamento de resíduos. O mix energético dos processos foi adaptado para o mix energético eléctrico Português.

Os seus dados têm as seguintes características principais:

- Inclui uma grande gama de dados para vários produtos e processos de tratamento;
- Está disponível para processos unitários e sistemas de processos;
- É uma aplicação consistente com as fronteiras dos sistemas e alocação de contribuições;
- Está bem documentada;
- Tem nas especificações a incerteza dos dados, com a distribuição normal e desvio padrão;

- As emissões são diferenciadas em subcompartimentos, por exemplo, as emissões para o ar podem ser feitas em áreas com elevada densidade populacional ou para a estratosfera (apesar de os métodos de avaliação de impacto não considerarem ainda estas diferenças);
- Considera os bens de produção base (pode desligar-se no software esta opção), o que é muito importante nas centrais hidroeléctricas e nos sistemas de transporte;
- Sofre actualizações frequentes.

A World Steel Organisation (2011) promove o uso do Ciclo de Vida de um produto para melhorar a compreensão sobre os benefícios do mesmo. A associação publica os dados do ACV dos seus produtos, como por exemplo bobines laminadas a quente, bobines laminadas a frio, aço galvanizado e disponibiliza os resultados. A associação iniciou em 1996 um ACV para produtos siderúrgicos olhando para os recursos energéticos e emissões, desde a fase de produção do aço até ao fim da sua vida. Nas análises elaboradas pela associação é incluída a reciclagem, porque o aço pode ser reciclado várias vezes, indefinidamente, sem qualquer perda das suas propriedades inerentes.

Os dados da base BUWAL, desenvolvidos pelo Institut für Verfahrenstechnik und Kältetechnik, foram publicados em 1996 e não foram actualizados desde essa data. A base de dados número 250 contém informação sobre os materiais de embalagem como alumínio, vidro, plástico, cartão, papel para embalagens, cartão canelado, papel gráfico e folha de aço. A informação dos diferentes inventários é de toda a cadeia do processo, a começar pela produção das matérias-primas, incluindo todos os transportes e termina com a respectiva embalagem (BAFU, 2010).

A 2.-0 LCA Consultants desenvolveram uma base de dados, com base nas estatísticas económicas e ambientais do Eurostat e Dinamarquesas, que está integrada no programa informático SimaPro. Esta base de dados é conhecida como "Input - Output database" e tem a vantagem de ser completa no que diz respeito à inclusão de todas as actividades relevantes relacionadas com um produto. A base de dados é aplicada às questões ambientais e permite uma abordagem completa de alocação de todas as actividades para todos os produtos e tem a vantagem de ser completa no que diz respeito à inclusão de todas as actividades relevantes relacionadas com um produto. Por outro lado, a base de dados não pode lidar com questões muito específicas, uma vez que depende de um agrupamento de actividades de um número limitado de indústrias. Isso torna-a difícil de usar para estudos detalhados, tais como ACV de um produto, excepto para as indústrias muito homogéneas (Weidema et al., 2005).

A base de dados americana Franklin contém informação sobre materiais, tais como, aço, plásticos, papel e cartão, vidro, transportes e energia. A base de dados é desenvolvida pela empresa Franklin Associates, que elabora estudos de ACV seguindo normas ISO 14040 e 14044. As bases de dados estão publicadas no programa SimaPro (Franklin Associates LCA and Solid Management Consultants, 2012).

Para cada grupo de resíduos foram escolhidos para além do processo real, processos alternativos para se seleccionar a melhor opção de destino. Neste estudo, no caso do grupo resíduos inerte/ resíduos de demolição foram consideradas duas alternativas para o processo real e dois processos alternativos. No grupo metais/ sucata foram encontradas duas alternativas nas bases de dados para o processo real e dois processos para o processo alternativo. No grupo da madeira foram analisadas duas alternativas para o processo real e quatro processos para o processo alternativo.

No grupo dos plásticos foram encontradas três alternativas para o processo real e quatro processos para o processo alternativo. No grupo dos óleos não foi possível encontrar um processo nas bases de dados que se ajustasse ao processo real, no entanto para os processos alternativos foram seleccionados dois processos. No grupo do vidro foram analisadas duas alternativas para o processo real e dois processos para o processo alternativo. No grupo das águas oleosas não foi possível encontrar um processo nas bases de dados que se ajustasse ao processo real, no entanto, para o processo alternativo foi seleccionado um processo. No grupo do papel foram analisadas três alternativas para o processo real e quatro processos para o processo alternativo. Os processos analisados apresentam-se compilados na

Tabela 17. No anexo 3 desta tese encontra-se a informação detalhada que deu origem a esta tabela.

Tabela 17 – Processos de tratamento de resíduos seleccionados a partir das bases de dados

Grupo de Resíduo	Processo real	Processo alternativo
Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, resíduos inertes (5% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação em aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos, vidro/ inerte, EU27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação em aterro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reciclagem de produtos de betão, asfalto e outros produtos minerais, EU27 (Base de dados – DK and EU27) - Reciclagem para produção de asfalto e outros produtos minerais</li> <li>✓ Produção de betão incluindo reciclagem (Ecoinvent)</li> </ul>

Tabela 17 (continuação) - Processos de tratamento de resíduos seleccionados a partir das bases de dados

Grupo de Resíduo	Processo real	Processo alternativo
Metais/ Sucata	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Produção de produtos de aço incluindo reciclagem (Base de dados – Worldsteel)</li> <li>✓ Produção de produtos de aço incluindo reciclagem, EU27 (Base de dados – DK and EU27)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, aço, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação em aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos, ferro, UE27 (Base de dados – DK and EU27) – Eliminação em aterro</li> </ul>
Madeira	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Produção de painéis de partículas (Base de dados - Ecoinvent)</li> <li>✓ Reciclagem de resíduos de madeira, UE27 (Base de dados – DK and EU27)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, de construção, resíduos de madeira, não tratada, aterro (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação em aterro</li> <li>✓ Eliminação, construção de madeira, cromo preservada, 20% de água, incineração (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação recorrendo a incineração</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos de madeira, UE27 (Base de dados – DK and EU27) – Eliminação em aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, incineração de resíduos de madeira, UE27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação recorrendo a incineração</li> </ul>
Plásticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Garrafas de polietileno de alta densidade (HDPE) reciclado - (Base de dados – Frankling USA) – Produção de garrafas de polietileno a partir de material reciclado</li> <li>✓ Filme de polietileno de baixa densidade (LDPE) reciclado - (Base de dados – Frankling USA) – Produção de filme com polietileno a partir de material reciclado</li> <li>✓ Reciclagem de plásticos, EU27 (Base de dados – DK and EU27)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, de mistura de plásticos, percentagem de água (15,3%), para incineração (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</li> <li>✓ Eliminação, plástico, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação em aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos, de plástico, EU27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação em aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, incineração de resíduos, de plástico, EU27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação recorrendo a incineração</li> </ul>
Óleo usado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A informação não disponível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, óleo mineral usado, 10% de água, incineração de resíduos perigosos (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, incineração de resíduo de óleo/ resíduos perigosos, UE27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação recorrendo a incineração</li> </ul>



Tabela 17 (continuação) - Processos de tratamento de resíduos seleccionados a partir das bases de dados

Grupo de Resíduo	Processo real	Processo alternativo
Vidros	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reciclagem de vidro, B250 (Base de dados – Buwal)</li> <li>✓ Reciclagem de vidro, lâ mineral e cerâmica, DK (Base de dados – DK and EU27)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, vidro, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos, vidro/ inerte, EU27 (Base de dados – DK and EU27) - Eliminação recorrendo a aterro</li> </ul>
Águas oleosas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A informação não disponível</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, águas oleosas, 90% de água, incineração de resíduos perigosos (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</li> </ul>
Papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reciclagem de papel (Base de dados - Ecoinvent)</li> <li>✓ Reciclagem de papel (1998) (Base de dados - Buwal)</li> <li>✓ Reciclagem de resíduos de papel, EU27 (Base de dados - DK e UE27)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Eliminação, papel para embalagens, 13,7% de água, para aterro sanitário (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a aterro</li> <li>✓ Eliminação, papel para embalagens, 13,7% de água, incineração (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, aterro de resíduos, papel, EU27 (Base de dados - DK e UE27) - Eliminação recorrendo a aterro</li> <li>✓ Tratamento de resíduos, incineração de resíduos, papel, EU27 (Base de dados - DK e UE27) - Eliminação recorrendo a incineração</li> </ul>

Verifica-se que nas bases de dados são escassos os dados sobre os processos de reciclagem, com excepção da base de dados DK and EU27 que tem mais informação sobre esse processo. Como referido, várias bases de dados foram utilizadas para obter os dados do inventário dos processos envolvidos no estudo. Os resultados obtidos com os processos desta base de dados foram analisados de uma forma independente. Após a conclusão das avaliações verificou-se que os resultados da análise realizada com os dados da base de dados DK and EU27 diferem dos resultados da análise realizada com os dados da base de dados Ecoinvent, Buwal, Worldsteel e Franklin USA. Por este motivo no capítulo dos resultados e discussão não é apresentada nem discutida a avaliação realizada com a base de dados DK and EU27. Nesse capítulo são discutidos os resultados obtidos a partir dos processos listados na Tabela 18.

Tabela 18 – Processos de tratamento de resíduos utilizados na avaliação final

Grupo de Resíduo	Processo real	Processo alternativo
Resíduo inerte/ Resíduos de demolição	✓ Eliminação, resíduos inertes (5% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação em aterro	✓ Produção de betão incluindo reciclagem (Ecoinvent)
Metais/ Sucata	✓ Produção de produtos de aço incluindo reciclagem (Base de dados - Worldsteel)	✓ Eliminação, aço, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação em aterro
Madeira	✓ Produção de painéis de partículas (Base de dados - Ecoinvent)	<p>✓ Eliminação, de construção, resíduos de madeira, não tratada, aterro (Base de dados da em Simapro - Ecoinvent) – Eliminação em aterro</p> <p>✓ Eliminação, construção de madeira, cromo preservada, 20% de água, incineração (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação recorrendo a incineração</p>
Plásticos	<p>✓ Garrafas de polietileno de alta densidade (HDPE) reciclado - (Base de dados – Frankling USA) – Produção de garrafas de polietileno a partir de material reciclado</p> <p>✓ Filme de polietileno de baixa densidade (LDPE) reciclado - (Base de dados – Frankling USA) – Produção de filme com polietileno a partir de material reciclado</p>	<p>✓ Eliminação, plástico, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) – Eliminação em aterro</p> <p>✓ Eliminação, de mistura de plásticos, percentagem de água (15,3%), para incineração (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</p>
Óleo usado	---	✓ Eliminação, óleo mineral usado, 10% de água, incineração de resíduos perigosos (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração
Vidros	✓ Reciclagem de vidro, B250 (Base de dados – Buwal)	✓ Eliminação, vidro, 0% de água, aterro para material inerte (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a aterro
Papel	✓ Reciclagem de papel (Base de dados - Ecoinvent)	<p>✓ Eliminação, papel para embalagens, 13,7% de água, para aterro sanitário (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a aterro</p> <p>✓ Eliminação, papel para embalagens, 13,7% de água, incineração (Base de dados - Ecoinvent) - Eliminação recorrendo a incineração</p>

O método CML2 (2001) é uma actualização do método CML (1992). É um dos primeiros métodos de avaliação desenvolvido e utilizado em vários países e foi desenvolvido pelo Institute of Environmental Sciences (CML) da Universidade de Leiden na Holanda (CML, 2011). A abordagem do método CML2 é orientada para o problema (ponto intermédio no mecanismo ambiental). Para cada problema, existem factores de caracterização quantificados. Uma emissão identificada no inventário do Ciclo de Vida é convertida numa contribuição para o efeito de um problema ambiental multiplicando-a por um factor equivalente (Ferreira, 2004). Por outras palavras, os factores de caracterização traduzem as entradas do inventário em diferentes indicadores de impacte directamente comparáveis. A caracterização é a fase na qual os valores do indicador são calculados para cada categoria de impacte, utilizando factores de caracterização. Este método é de abordagem “midpoint”, que abrange todas as emissões e os impactes relacionados com os recursos.

Os impactes seleccionados e categorizados foram, a saber, depleção de recursos abióticos expressa em kg Sb eq, alterações climáticas expressa em kg CO<sub>2</sub> eq, formação de oxidantes fotoquímicos expressa em kg Sb eq, potencial de acidificação expressa em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq, potencial de eutrofização expressa em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq. Para as categorias seleccionadas foram considerados os parâmetros indicados na Tabela 19, onde se apresentam, também, os factores de caracterização utilizados.

Tabela 19 – Parâmetros e factor de caracterização por categoria de impacte

Categoria de impacte	Parâmetro	Factor de caracterização
Depleção de recursos abióticos	Carvão hulha	0,0134
	Carvão lignite	0,00671
	Gás natural	0,0187
	Petróleo	0,0201
Alterações climáticas	CO <sub>2</sub>	1
	CH <sub>4</sub>	25
	N <sub>2</sub> O	298
Formação de oxidantes fotoquímicos	CH <sub>4</sub>	0,006
	SO <sub>2</sub>	0,048
	CO	0,027
Potencial de acidificação	NH <sub>3</sub>	1,6
	No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,5
	SO <sub>2</sub>	1,2

Tabela 19 (continuação) - Parâmetros e factor de caracterização por categoria de impacte

Categoria de impacte	Parâmetro	Factor de caracterização
Potencial de eutrofização	NH <sub>3</sub>	0,35
	No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,13
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1
	CQO	0,022
	N <sub>total</sub>	0,42
	NO <sup>3-</sup>	0,1
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,33
	P	3,06
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1

O método utilizado, pondera por fim as categorias ambientais e obtém um indicador. Interessa conhecer as categorias ambientais do método utilizado. Na Tabela 20 sintetiza-se as informações relevantes sobre esse assunto.

Tabela 20 – Caracterização das categorias de impactes

Categoria de impacte	Descrição
Depleção de recursos abióticos	Este indicador de categoria de impacte está relacionado com a extracção de minerais e de combustíveis fósseis que entram no
Depleção de recursos abióticos (continuação)	sistema. O factor de depleção abiótico é determinado para cada extracção de minerais e de combustíveis fósseis (equivalentes kg de antimónio (Sb)/ kg de extracção) baseado nas suas reservas e taxa de desacumulação (Ferreira, 2004). Este indicador é o rácio entre a quantidade de recursos extraídos e as reservas recuperáveis desse recurso. O resultado (kg) é comparado com o Sb, que é utilizado como referência. A unidade de referência de depleção abiótica é, portanto, kg Sb equivalente (Guinée, 2002).
Alterações climáticas	A alteração climática traduz mudanças de longo prazo no clima de uma determinada região ou do planeta. Esta mudança é medida pelas alterações nas características das condições médias meteorológicas, tais como, a temperatura, os padrões do vento e da precipitação, etc. A mudança climática é causada pela emissão de GEE. O modelo de caracterização é baseado em factores desenvolvidos pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC, 2011).

Tabela 20 (continuação) - Caracterização das categorias de impactes

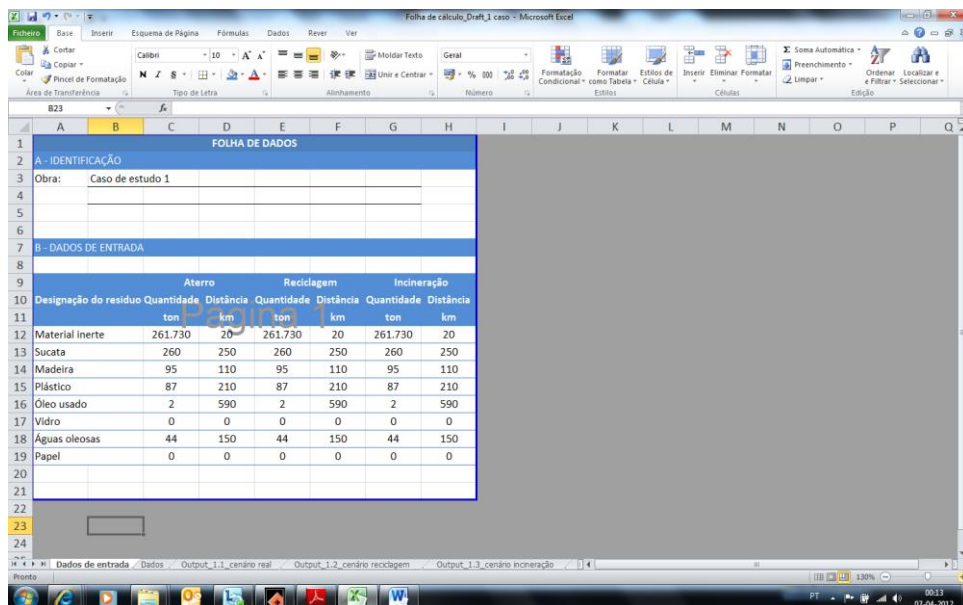
Categoria de impacte	Descrição
Alterações climáticas (continuação)	Os factores são expressos em potencial de aquecimento global ao longo do horizonte de tempo de 100 anos (PAG100), medido na unidade de referência kg de CO <sub>2</sub> equivalente. O PAG é, assim, usado como um factor de caracterização para avaliar e agregar as intervenções do impacte da categoria mudanças climáticas (Guinée, 2002).
Formação de oxidantes fotoquímicos	A formação de oxidantes ozono fotoquímicos é um tipo de impacte que pode receber contribuições do monóxido de carbono (CO) e de todos os compostos orgânicos voláteis (COV) capazes de reagirem com o radical hidróxido (OH) para formar radicais peróxido, que na presença de óxidos de azoto (NOx) e luz ultra violeta (UV) podem induzir a formação de ozono e outros compostos reactivos na troposfera. Estes compostos podem ser prejudiciais à saúde humana, aos ecossistemas e também podem prejudicar as culturas agrícolas (Guinée, 2002).
Potencial de acidificação	Os poluentes acidificantes têm uma ampla variedade de impactes sobre o solo, águas subterrâneas, águas superficiais, organismos biológicos, ecossistemas e materiais. Os principais poluentes acidificantes são SO <sub>2</sub> , NOx e NHx (Guinée, 2002).
Potencial de eutrofização	A eutrofização é o enriquecimento da água ou solo em nutrientes, azoto (N) e fósforo (P), que podem causar uma indesejável mudança na composição das espécies nos ecossistemas e uma redução na diversidade ecológica. Nas águas superficiais a mudança na gama de espécies é geralmente evidente pelo rápido crescimento das algas, o que pode levar a um deficit de oxigénio, com os consequentes efeitos na flora e fauna. Nos ecossistemas aquáticos, o aumento da produção de biomassa pode levar a um decréscimo do nível de oxigénio por causa de um consumo adicional de oxigénio na decomposição da biomassa. O potencial de eutrofização é expresso utilizando unidade de referência kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> equivalentes (Guinée, 2002).

É importante referir nesta fase de avaliação que quando estamos perante o tratamento de resíduo, de incineração e de reciclagem, é necessário verificar se os dados do inventário contemplam a energia produzida pelo tratamento. Esta energia será reutilizada e deve ser retirada no cálculo dos impactes, cujos dados do inventário são recolhidos da base Ecoinvent. Este processo será referido como crédito.

## 5.5. Ferramenta de cálculo

Após a selecção dos processos de tratamento e selecção dos factores de caracterização quantificados é necessário realizar os cálculos e para tal foi criada uma folha de cálculo do Microsoft Excel. A ferramenta consiste em diversos separadores da folha de cálculo em que consta um conjunto de dados. Nos separadores constam os inventários para cada processo de tratamento de resíduos retirados das bases de dados escolhidas, um tratamento por resíduo por separador, um separador com as categorias de impactes e respectivos factores de caracterização, um separador com os dados do transporte, um separador com os dados do mix de energia e um separador com os cálculos e resultados, ou seja a avaliação do impacte da gestão de resíduos e cinco separadores para a apresentação gráfica dos resultados da avaliação. Os dados dos separadores da folha de cálculo estão ligadas por fórmulas de cálculo descritas a seguir.

A folha do cálculo é de fácil uso e o utilizador, apenas, terá de introduzir os dados de entrada que são as quantidades de resíduos gerados em obra, em toneladas e a distância, em quilómetros para os locais onde os resíduos para serem tratados ou eliminados, como indicado na Figura 39. As quantidades a introduzir serão dos grupos de resíduos já identificados (resíduo inerte/ resíduo de demolição, sucata, madeira, plásticos, óleo usado, vidro, papel). O utilizador terá que organizar os dados de acordo com a Tabela 15 e inseri-los na folha de cálculo no primeiro separador. No separador seguinte será disponibilizado ao utilizador, os resultados do impacte por categoria e por resíduo. Na Figura 39 apresenta-se um exemplo da entrada de dados na folha de cálculo.



FOLHA DE DADOS						
A - IDENTIFICAÇÃO						
Obra:	Caso de estudo 1					
B - DADOS DE ENTRADA						
Designação do resíduo	Aterro		Reciclagem		Incineração	
	Quantidade ton	Distância km	Quantidade ton	Distância km	Quantidade ton	Distância km
Material inerte	261.730	20	261.730	20	261.730	20
Sucata	260	250	260	250	260	250
Madeira	95	110	95	110	95	110
Plástico	87	210	87	210	87	210
Óleo usado	2	590	2	590	2	590
Vidro	0	0	0	0	0	0
Águas oleosas	44	150	44	150	44	150
Papel	0	0	0	0	0	0

Figura 39 – Exemplo da entrada de dados na folha de cálculo

Os cinco separadores, já referidos, com a apresentação gráfica dos resultados da avaliação correspondem:

- Um separador à apresentação gráfica do cenário de tratamento da situação real como indicado na Figura 40;
- Um separador à apresentação gráfica do cenário de tratamento de reciclagem;
- Um separador à apresentação gráfica do cenário de tratamento de incineração;
- Um separador à apresentação gráfica do cenário de eliminação/ aterro;
- Um separador à apresentação gráfica da comparação de cenários.

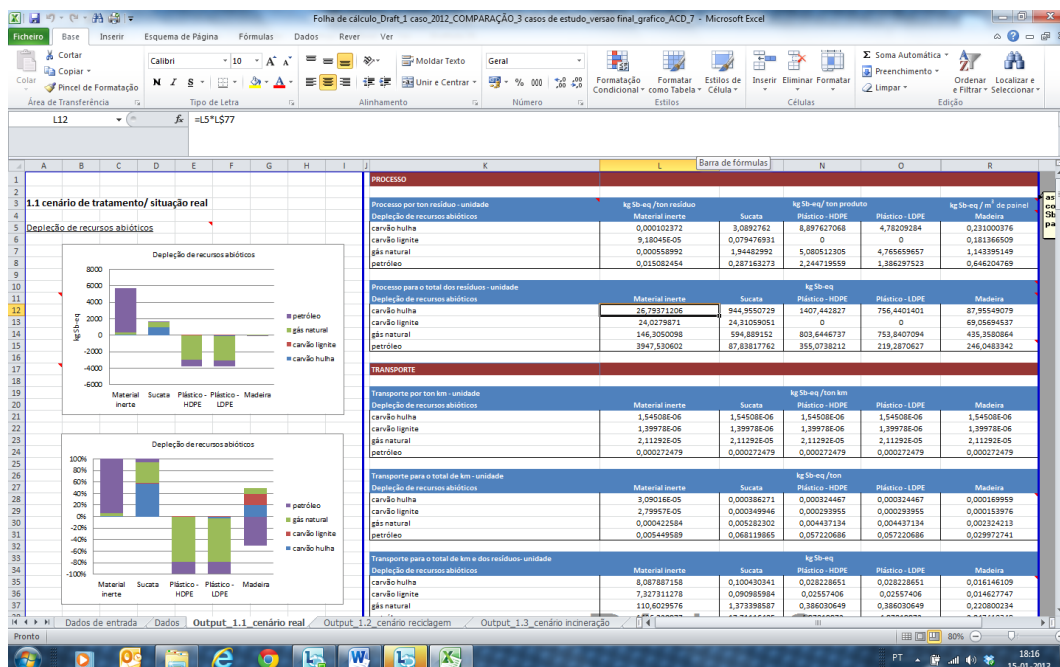


Figura 40 – Apresentação gráfica do cenário de tratamento da situação real na folha de cálculo

O impacto total para uma determinada categoria de impacto tem em conta o impacto do processo de tratamento/ eliminação do resíduo, o impacto do transporte e os créditos pelo facto de se originar um novo produto ou energia no processo de tratamento/ eliminação (Equação 1).

*Caracterização do impacte final da categoria de impacte = q x a + d x t - q x c (Equação 1)*

Em que: q = quantidade de resíduos (t)  
a = indicador do impacte do processo  
d = distância (Km)  
t = indicador impacte de transporte  
c = créditos

O indicador impacte do processo (a) é o indicador de impacte referente ao processo de aterro, reciclagem ou incineração, para a categoria de impacte seleccionada, dado pela Equação 2.

*a = ∑ Dados do inventário × Factor de caracterização (Equação 2)*

Em que: a = indicador do impacte do processo

As unidades dos dados do inventário dependem da categoria de impacte em análise e o factor de caracterização é o apresentado na Tabela 19 dependendo da categoria de impacte seleccionada para análise.

O indicador impacte de transporte é o indicador de impacte referente ao transporte dos resíduos, dado pela Equação 3.

*t = ∑ Dados do inventário × Factor de caracterização x f (Equação 3)*

Em que: t = indicador impacte de transporte  
f = factor dado pela Equação 4

*f = 1+ (b/a) (Equação 4)*

Em que: a = Consumo cheio: 35 l/100 km  
b = Consumo vazio: 26 l/100 km



O crédito é o indicador do impacte evitado e é dado pela Equação 5.

$$\text{Crédito} = \sum \text{Dados do inventário} \times \text{Factor de caracterização} \quad (\text{Equação 5})$$

O cálculo da avaliação/ caracterização do impacte final da categoria de impacte através da Equação 1 será realizado para cada categoria de impacte apresentada na Tabela 19 e para cada tratamento/ eliminação de resíduo. No anexo 4 estão apresentados os resultados parciais obtidos com a folha de cálculo.

## 5.6. Resultados e discussão

Neste trabalho foram comparados os cenários de tratamento reciclagem, incineração e o cenário de eliminação em aterro para os três casos de estudo. Os resultados de avaliação de impactes para cada caso de estudo foram organizados da seguinte maneira:

- Cenário de tratamento da situação real;
- Cenário de tratamento de reciclagem;
- Cenário de tratamento de incineração;
- Cenário de eliminação em aterro;
- Comparação de cenários.

Como apresentado na Tabela 15, os cenários de tratamento real para os três casos de estudo são iguais e correspondem ao envio para eliminação em aterro do resíduo inertes/ resíduos de demolição e o envio dos restantes resíduos para reciclagem. A folha de cálculo apresentada em 5.5 representa, graficamente, para cada categoria de impacte a avaliação ambiental do cenário de tratamento real, reciclagem e incineração e os cálculos encontram-se no anexo 4. Houve necessidade de em vários gráficos introduzir duas escalas com o objectivo de obtenção de uma melhor leitura, devido à amplitude dos resultados. A separação das colunas no gráfico é feita através de uma linha contínua.

### **5.6.1.1º caso de estudo**

Como referido anteriormente, no 1º caso de estudo não foram gerados resíduos de vidro, nem de papel.

Para o resíduo inerte/ resíduos de demolição (designado a partir deste ponto unicamente por resíduo inerte) foram obtidos nas bases de dados os elementos necessários ao cálculo da avaliação de impacte para o processo de aterro e de reciclagem.

Os elementos utilizados para o cálculo da avaliação de impacte para o resíduo de sucata foram fornecidos pela Worldsteel para o cálculo da reciclagem. Para este resíduo não foi calculado o cenário de incineração, dado que não é usual neste tipo de resíduo proceder-se à incineração. Os elementos fornecidos pela Worldsteel consideram uma taxa de reciclagem na ordem dos 85% e quando comparados com os resultados dos restantes resíduos calculados com dados fornecidos por outras bases podem induzir a conclusões diferentes, porque as bases de dados têm metodologias de cálculo diferenciadas. Os dados incluem a produção de aço no alto-forno e a reciclagem de sucata no forno elétrico. Para o resíduo de sucata foram também obtidos elementos para o cálculo da avaliação de impacte para o processo de aterro. Nos figuras seguintes os resultados do resíduo sucata não apresentam os créditos pois o valor apresentado já os inclui.

Foi ainda possível realizar os cálculos da avaliação para dois tipos de plásticos, de alta e de baixa densidade para o tratamento reciclagem. Para os tratamentos de aterro e incineração foram realizados os cálculos para uma mistura de plástico.

Para o resíduo de madeira foram obtidos os elementos necessários ao cálculo dos processos de aterro, reciclagem e incineração. Para os resíduos dos óleos usados e águas oleosas não foram obtidos nas bases de dados os elementos necessários ao cálculo da avaliação de impacte, porque não eram contemplados.

Para o resíduo óleos usados foram obtidos os elementos necessários ao cálculo da avaliação de impacte apenas para o processo de incineração.

### 5.6.1.1. Cenário de tratamento real

Nas Figuras 41 a 45 apresentam-se, graficamente, os resultados da avaliação de impactos por categorias para o cenário de tratamento real dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados à reciclagem.

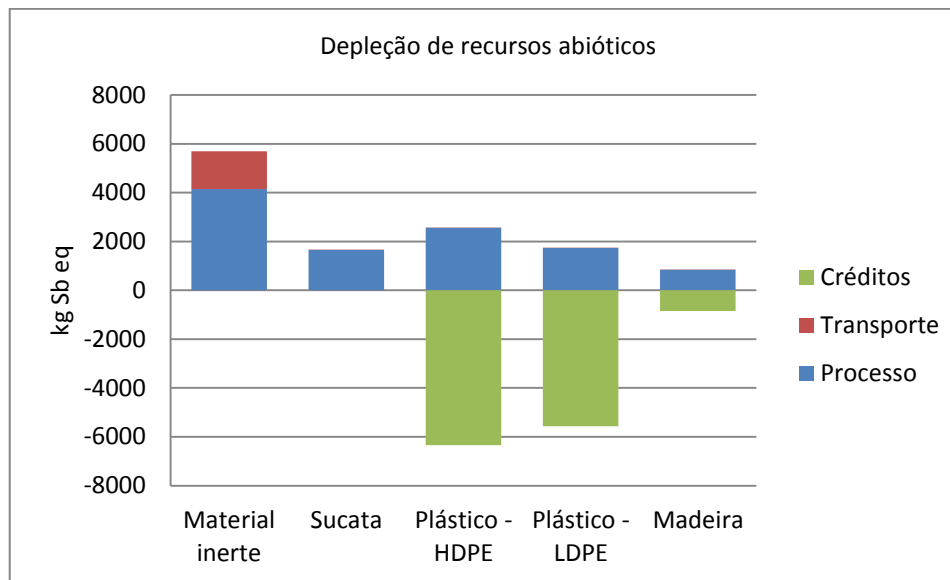


Figura 41 - Avaliação do cenário de tratamento real para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Verifica-se que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso na ordem dos 90%, devido à depleção de reservas de petróleo causadas pelo consumo de gásóleo no equipamento utilizado nas operações do aterro, como por exemplo transportes dos resíduos dentro do aterro, modelação do resíduo e modelação do aterro.

Para a sucata, o processo de reciclagem tem um peso elevado devido à depleção das reservas de carvão hulha que tem um peso na ordem dos 57%. Os dados incluem a produção de aço no alto-forno e a reciclagem de aço no forno elétrico. Carvão hulha que é utilizado principalmente como combustível no alto-forno (World Steel Association, 2011). Os elementos utilizados para o cálculo do processo de reciclagem foram os fornecidos pela Wordlsteel que afirma terem considerado no seu cálculo os créditos da reciclagem da sucata. O processo de reciclagem da sucata trata-se de um processo que conduz à produção de aço que abrange todas as etapas de produção de matérias-primas até à fundição do aço. O processo, também, inclui os créditos

associados à reciclagem do aço, mas não inclui o fabrico de produtos de aço, nem a sua utilização (Broadbent, 2011). Para este resíduo não foi calculado o cenário de incineração.

No resíduo plástico a depleção de recursos evitada pela reciclagem, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a depleção de recursos do processo de reciclagem. Os créditos, neste caso, permitem reduzir os recursos abióticos. A depleção de reservas de gás natural tem um peso muito decisivo nos créditos, da ordem dos 80%, para os resíduos plásticos.

Verifica-se que para o resíduo madeira para o tratamento de reciclagem (processo, transporte e créditos) a contribuição da depleção de reservas de petróleo é na ordem do 50%. O impacto total deste resíduo é negativo (-0,02 kg Sb eq).

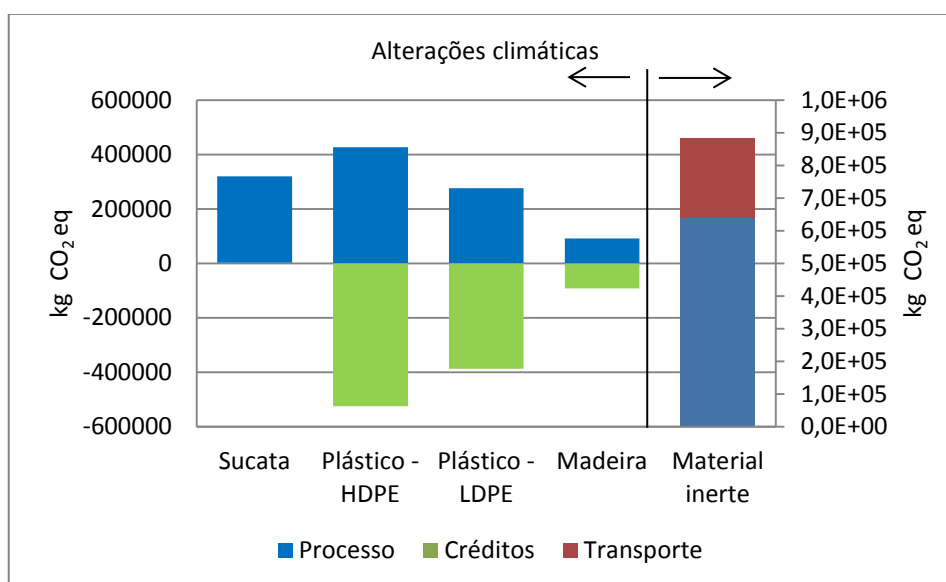


Figura 42 - Avaliação do cenário de tratamento real para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Constata-se para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição de 97%. As emissões dos aterros são divididas pelas operações do aterro, tais como, transportes, modelação do resíduo, modelação do aterro e emissões que resultam do próprio resíduo. O aterro de inertes não tem emissões directas a partir do resíduo, ou seja, no caso do resíduo inerte as emissões são devidas às operações do aterro e tipicamente as emissões de um aterro são referentes à queima de combustível nos equipamentos utilizados (Doka, 2007).

Para a sucata o processo tem um peso elevado devido às emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição de 92% que são originadas no processo de reciclagem.

O impacte total do resíduo plástico é negativo (-96827 kg CO<sub>2</sub> eq). Os créditos excedem o processo devido à redução das emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição de 83%. As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis utilizados para a produção de energia consumida no processo (Swiss Agency, 1998).

No caso do resíduo de madeira constata-se que o processo de reciclagem tem um peso elevado. Sabe-se que o impacte total deste resíduo é positivo (67 kg CO<sub>2</sub> eq) tendo como causa principal as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição de 72%.

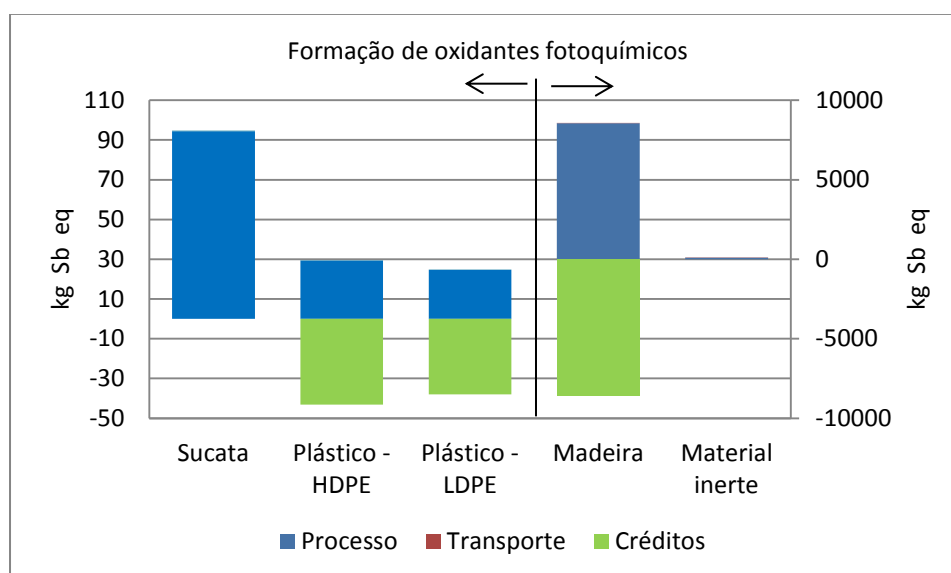


Figura 43 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Mostra-se que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado. A contribuição da emissão de CH<sub>4</sub> é na ordem dos 95%. As emissões de CO com uma contribuição de 2,7% e SO<sub>2</sub> com uma contribuição de 2,3% não são significativas comparadas com as emissões do CH<sub>4</sub>. As emissões referidas são resultantes da queima de combustíveis fósseis.

Observa-se que para a sucata o processo tem peso decisivo causado pelas emissões de CO com uma contribuição de 68%. Emissões que são originadas da queima de combustíveis fósseis.

No resíduo plástico a formação de oxidantes fotoquímicos, evitada pela reciclagem, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a formação de oxidantes fotoquímicos do processo de reciclagem. Os créditos permitem reduzir a formação de oxidantes fotoquímicos. Verifica-se para este resíduo que a contribuição das emissões de CO no tratamento de reciclagem é na ordem dos 69% no total das emissões. As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis. O impacto total deste resíduo é negativo (-13 kg Sb eq).

Para o resíduo madeira observa-se que os créditos excedem o processo. Sabe-se que o impacto total deste resíduo é negativo (-0,96 kg Sb eq), tendo como causa as emissões de N<sub>2</sub>O com uma contribuição na ordem de 80%.

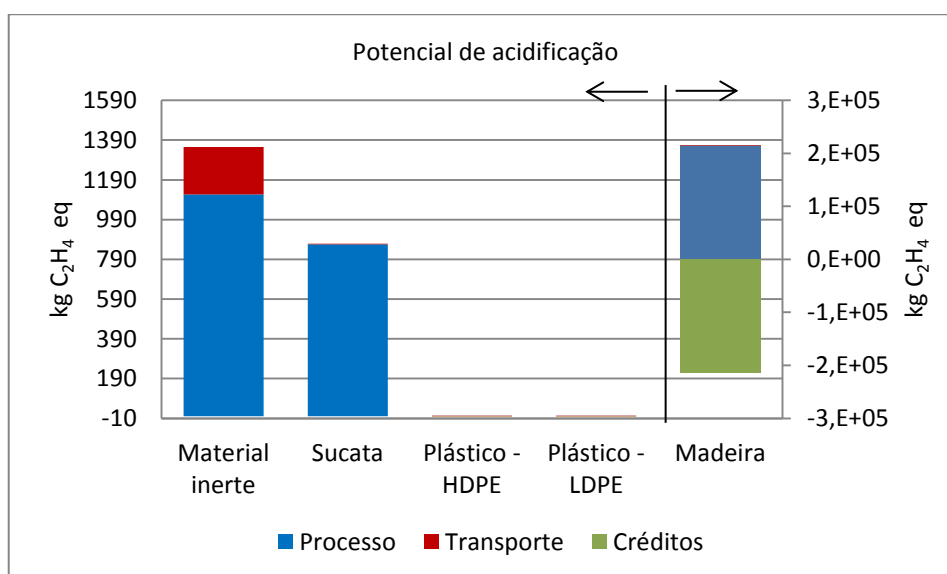


Figura 44 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Para o resíduo inerte verifica-se que o processo de eliminação em aterro tem um peso importante atribuído à emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%, causada pela utilização de equipamentos.

Para a sucata o processo tem um peso significativo, cuja contribuição são as emissões SO<sub>2</sub> na ordem do 73%.

O impacto total do resíduo plástico é positivo (0,60 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq). Os créditos e o processo equivalem-se. As emissões de SO<sub>2</sub> associadas à reciclagem dos plásticos são elevadas e tem uma contribuição na ordem dos 80%. As emissões SO<sub>2</sub> resultam do transporte.

Para o resíduo madeira observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo (7,8 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq), tendo como causa as emissões de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%. O processo excede os créditos. As emissões NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub> têm uma contribuição baixa no impacto total.

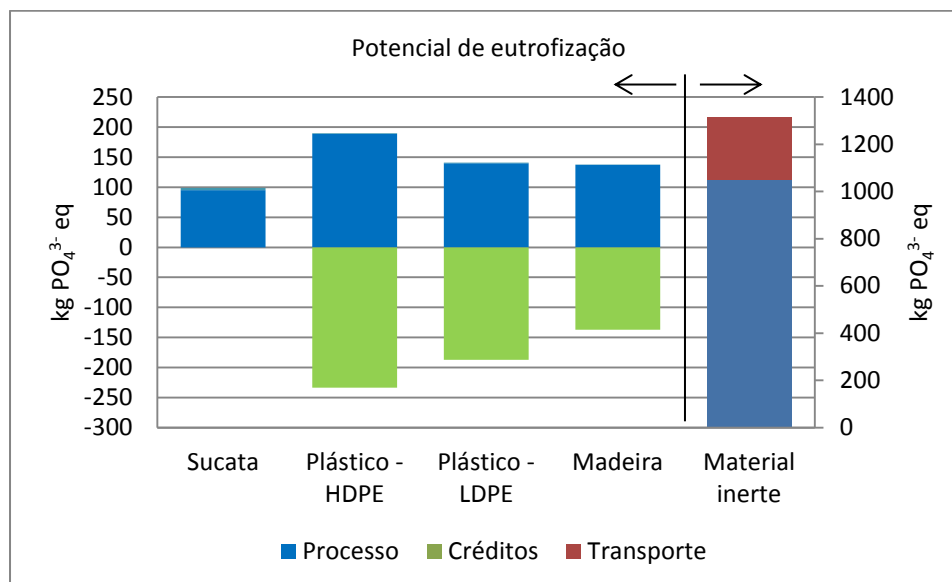


Figura 45 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Constata-se que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado influenciado pela emissão NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93%.

Para a sucata o processo tem um peso significativo, resultante das emissões de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 65% e emissões de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> com uma contribuição na ordem dos 20%.

No resíduo plástico o potencial de eutrofização evitado pela reciclagem, evidenciado no gráfico pelos créditos, supera o potencial de eutrofização do processo de reciclagem. Os créditos permitem reduzir o potencial de eutrofização. Verifica-se, que para este resíduo, a emissão de NO<sub>x</sub> tem uma contribuição na ordem dos 93% no tratamento de reciclagem. O impacto total deste resíduo é negativo (-44 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq).

Para o resíduo madeira observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo (0,50 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq), tendo como causa as emissões de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> com uma contribuição na ordem dos 61%. Estas emissões são causadas pelo sub-processo de produção de energia necessária à reciclagem de madeira.

### 5.6.1.2. Cenário de tratamento reciclagem

Da Figura 46 à 50 apresenta-se, graficamente, os resultados do cálculo da avaliação de impacto por categorias para os resíduos inerte, sucata, plásticos alta densidade, plásticos baixa densidade e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem. Os resultados do cálculo da avaliação de impacto para os resíduos sucata, plásticos alta densidade, plásticos baixa densidade e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem foram apresentados e discutidos no ponto anterior (5.6.1.1.).

Este processo de reciclagem de resíduo inerte foi calculado a partir do processo de execução de betão existente na base de dados, tendo sido introduzidas as seguintes alterações:

- inclusão do processo de trituração do resíduo inerte;
- redução da quantidade de material virgem usada no processo.

Fizeram-se para este processo de reciclagem várias simulações com a redução da quantidade de material virgem em 70% (Material inerte A), 50% (Material inerte B), 30% (Material inerte C) e 100% (Material inerte D). Na Tabela 21 apresenta-se os cálculos das emissões totais para as várias simulações efectuadas por categorias.

Tabela 21 – Emissões totais para o tratamento de reciclagem

Categorias	Material inerte	Material inerte	Material inerte	Material inerte
	(A)	(B)	(C)	(D)
Depleção de recursos abióticos (kg Sb eq)	$5,31 \cdot 10^5$	658,56	$3,45 \cdot 10^6$	$1,41 \cdot 10^6$
Alterações climáticas (kg CO <sub>2</sub> eq)	$1,76 \cdot 10^8$	$1,11 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^7$	$4,09 \cdot 10^7$
Formação de oxidantes fotoquímicos (kg Sb eq)	$1,68 \cdot 10^3$	-20,59	692	$4,69 \cdot 10^2$
Potencial de acidificação (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	$-2,28 \cdot 10^4$	-265,75	$-1,01 \cdot 10^4$	$-7,21 \cdot 10^3$
Potencial de eutrofização (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	$6,34 \cdot 10^4$	-239,72	$2,68 \cdot 10^4$	$1,86 \cdot 10^4$

Constata-se que na categoria potencial de acidificação é a única em que existem benefícios para o ambiente em todas as simulações. Para o resíduo inerte na simulação 50% verifica-se que existem benefícios nas categorias formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. Em relação às categorias depleção de recursos abióticos e alterações climáticas esta simulação é a menos gravosa para o ambiente. Por este motivo constata-se que a percentagem de incorporação ideal é a de 50% tratando-se da menos gravosa para o ambiente e foi a utilizada nos três casos de estudos que se apresentam a seguir. Estes resultados estão de



acordo com o estudo realizado Richardson (2010) que após ter estudado várias amassaduras de betão com diferentes composições, concluiu que a mistura de 50% dos agregados naturais com 50% de agregado reciclado pode ser utilizada porque chega à força de compressão desejável.

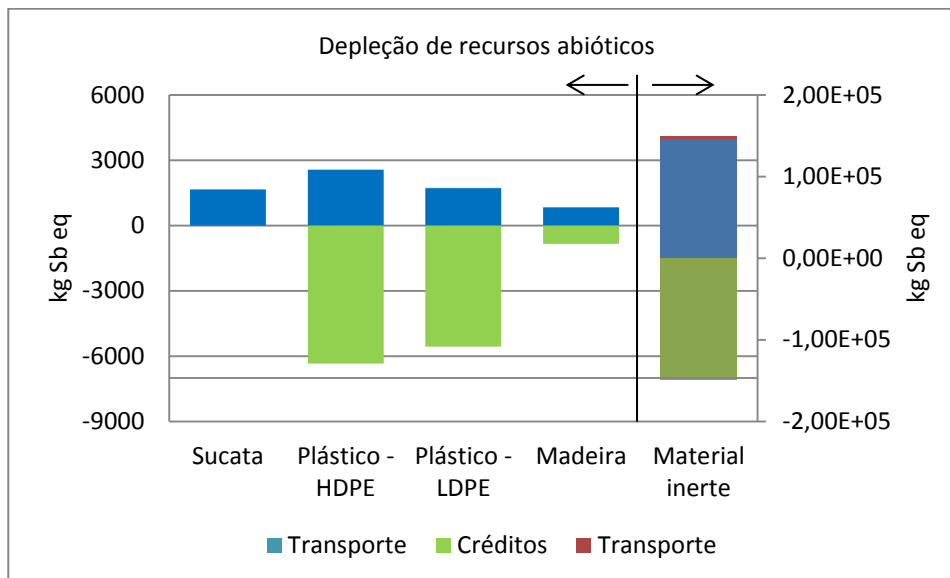


Figura 46 - Avaliação do cenário de tratamento reciclagem para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

No resíduo inerte a depleção de recursos evitada pela reciclagem é evidenciada no gráfico pelos créditos, que superam a depleção de recursos do processo de reciclagem. Os créditos, neste caso, permitem reduzir os recursos abióticos. A depleção de reservas de petróleo tem um peso muito decisivo nos créditos, da ordem dos 61%, para o resíduo inerte, causada pelo consumo de gasóleo no equipamento. O impacte total deste resíduo é positivo (659 kg Sb eq).

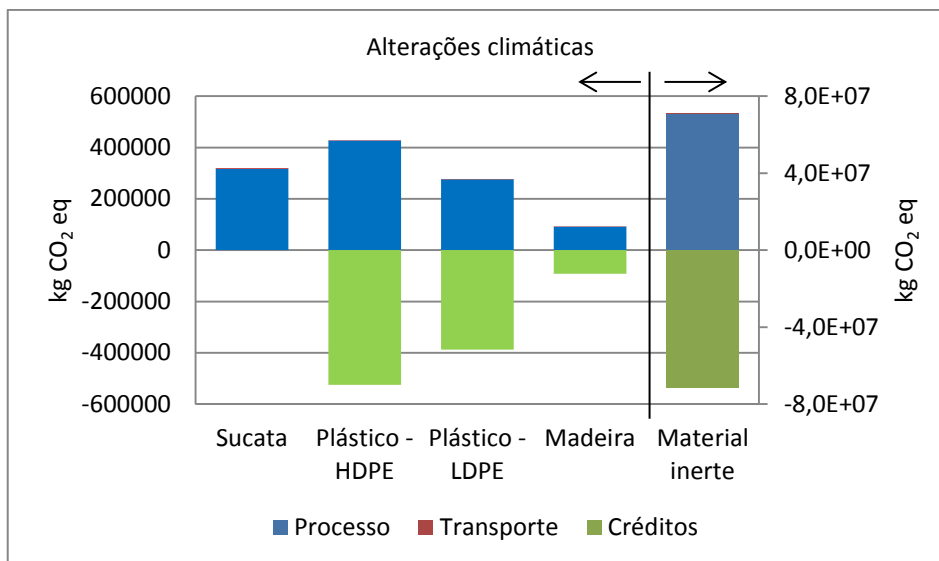


Figura 47 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas em kg CO<sub>2</sub> eq

O impacto total do resíduo de inerte é positivo (111416 kg CO<sub>2</sub> eq). Verifica-se que para este resíduo para o tratamento de reciclagem (processo, transporte e créditos) a contribuição das emissões de CO<sub>2</sub> são na ordem dos 98%. As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos. As emissões evitadas na produção de um produto com material reciclado são superiores às emissões emitidas pelo processo de produção de um produto com material virgem.

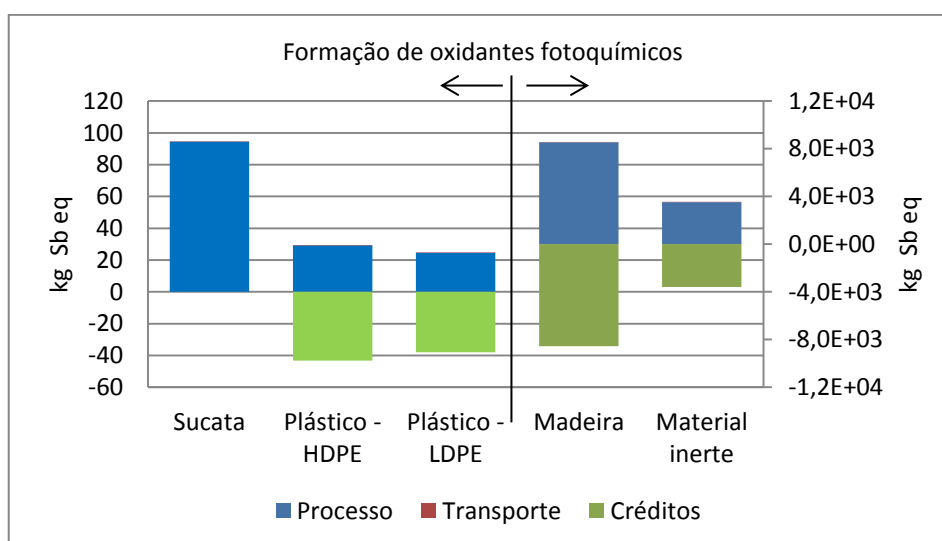


Figura 48 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

No resíduo inerte a formação de oxidantes fotoquímicos, evitada pela reciclagem, evidenciada no gráfico pelos créditos, supera a formação de oxidantes fotoquímicos do processo. Os créditos permitem reduzir a formação de oxidantes fotoquímicos. Verifica-se que, para este resíduo a contribuição da emissão de N<sub>2</sub>O é na ordem dos 51% no total das emissões e na ordem dos 48% devido à emissão de CH<sub>4</sub>. As emissões são oriundas da queima de combustíveis fósseis. O impacto total deste resíduo é negativo (-42,9 kg Sb eq).

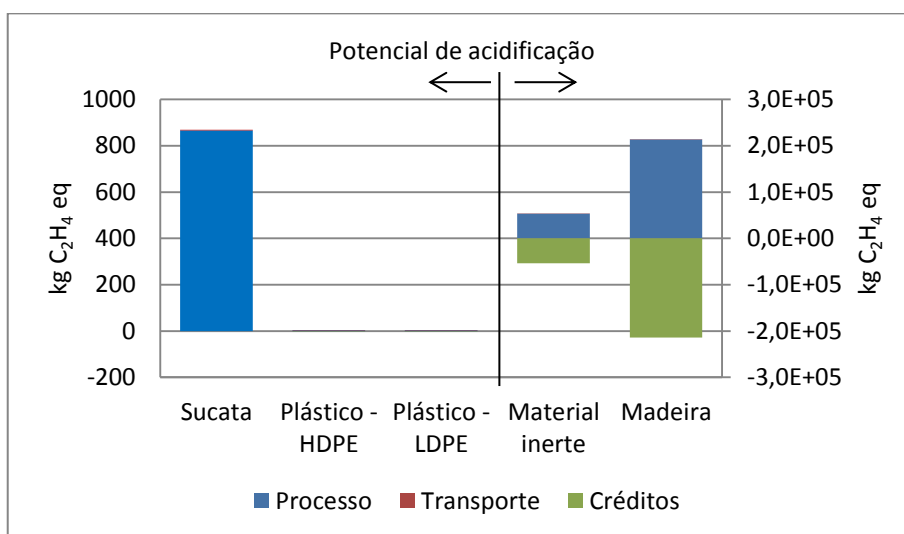


Figura 49 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

As emissões de SO<sub>2</sub> associadas à reciclagem do resíduo inerte são elevadas com uma contribuição na ordem dos 99%. O impacto total deste resíduo é negativo (-266 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

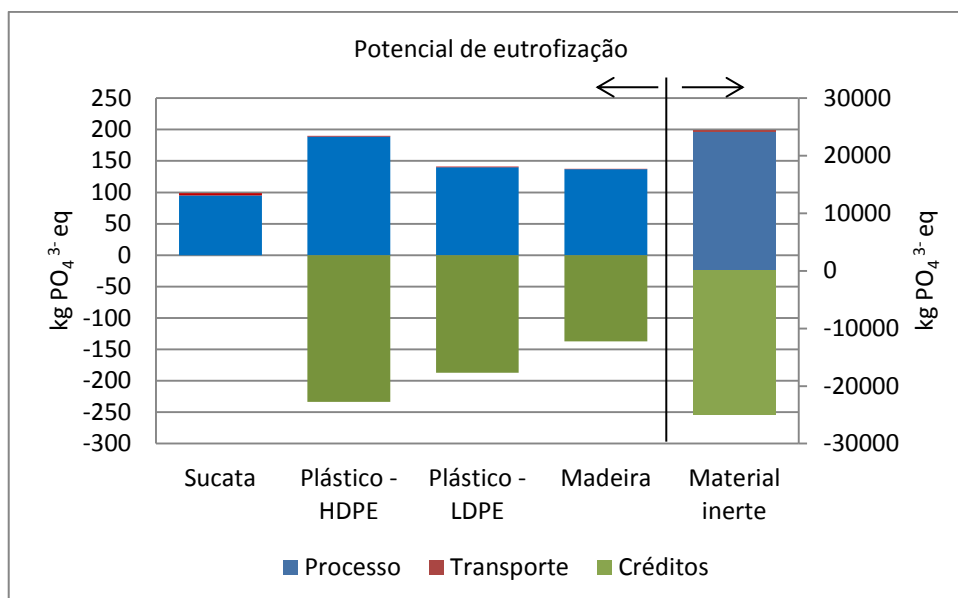


Figura 50 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

No resíduo inerte o potencial de eutrofização evitado pela reciclagem, evidenciado no gráfico pelos créditos, supera o potencial de eutrofização do processo de reciclagem. Os créditos permitem reduzir o potencial de eutrofização. Verifica-se, que para este resíduo, a contribuição da emissão de NO<sub>x</sub> é na ordem dos 53% no total das emissões e na ordem dos 41% devido à emissão de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Estas emissões são causadas pelo sub-processo de produção de cimento necessário para o processo. O impacto total deste resíduo é negativo (-520 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq).

### 5.6.1.3. Cenário de tratamento incineração

Da Figura 51 à 55 apresentam-se, graficamente, os resultados da avaliação de impactos por categorias para o cenário de tratamento de incineração dos resíduos produzidos, evidenciando a contribuição relativa do processo, dos transportes e dos créditos associados à incineração. Os resíduos gerados não tiveram este tratamento, mas a avaliação foi realizada para se poder fazer uma comparação entre cenários. Uma contribuição no cenário de incineração com valores negativos representa benefícios para o ambiente, o que significa que durante o tratamento dos resíduos vai ser produzida energia que será reutilizada. A energia produzida depende do valor calorífico do material.

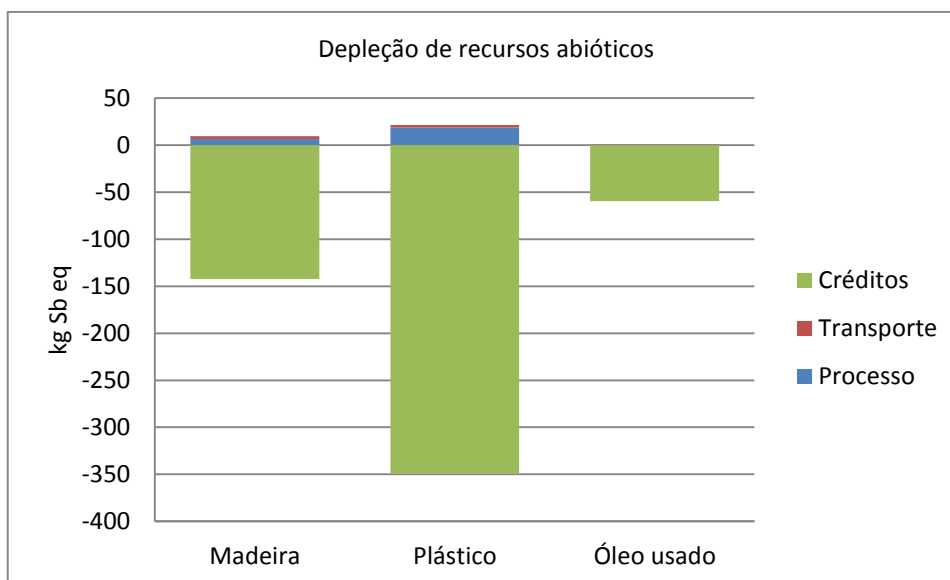


Figura 51 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Para todos os resíduos a depleção de recursos evitada pela incineração, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a depleção de recursos do processo de incineração. As emissões são causadas pelo funcionamento da incineradora.

Verifica-se que para o resíduo madeira que a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 48% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 40% devido à depleção de reservas de gás natural.

Para o resíduo plástico a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 46% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 40% devido à depleção de reservas de gás natural.

No resíduo óleo usado a depleção de recursos evitada pela incineração, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a depleção de recursos do processo de incineração. A depleção de reservas de carvão hulha com uma contribuição na ordem dos 46% é devido à depleção de reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 40%.

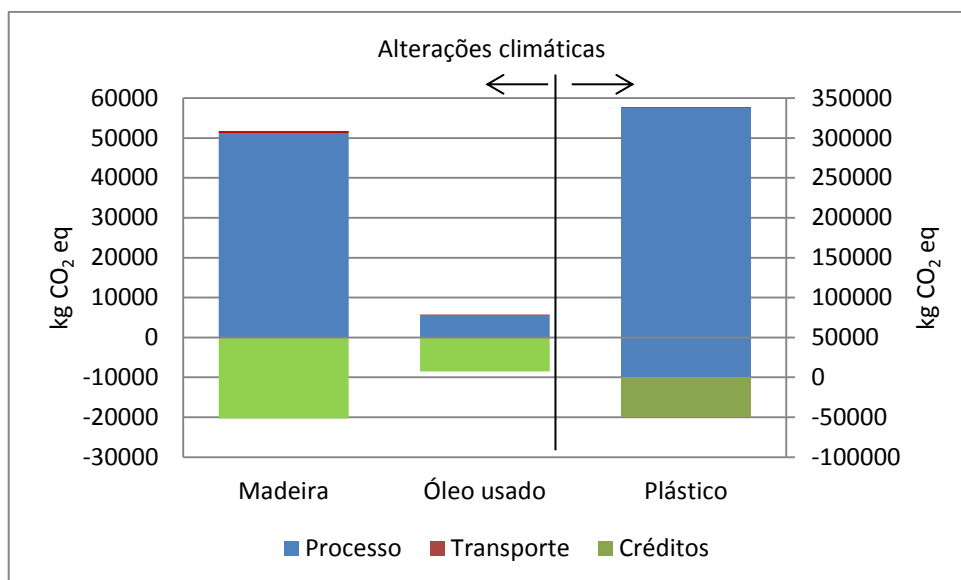


Figura 52 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Observa-se, no caso do resíduo de madeira, que o impacto total deste resíduo é positivo (31477 kg CO<sub>2</sub> eq) tendo como principal causa as emissões de CH<sub>4</sub> que contribuem na ordem dos 73% e as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 27%.

No resíduo plástico as emissões associadas ao tratamento de incineração (processo, transporte e créditos) são importantes causadas pela emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 45% e causadas pelas emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 54%.

No caso do resíduo óleo usado verifica-se que o impacto total deste resíduo é negativo (-2776 kg CO<sub>2</sub> eq) tendo como causa principal a emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 12% e a emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 85%.

As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos.

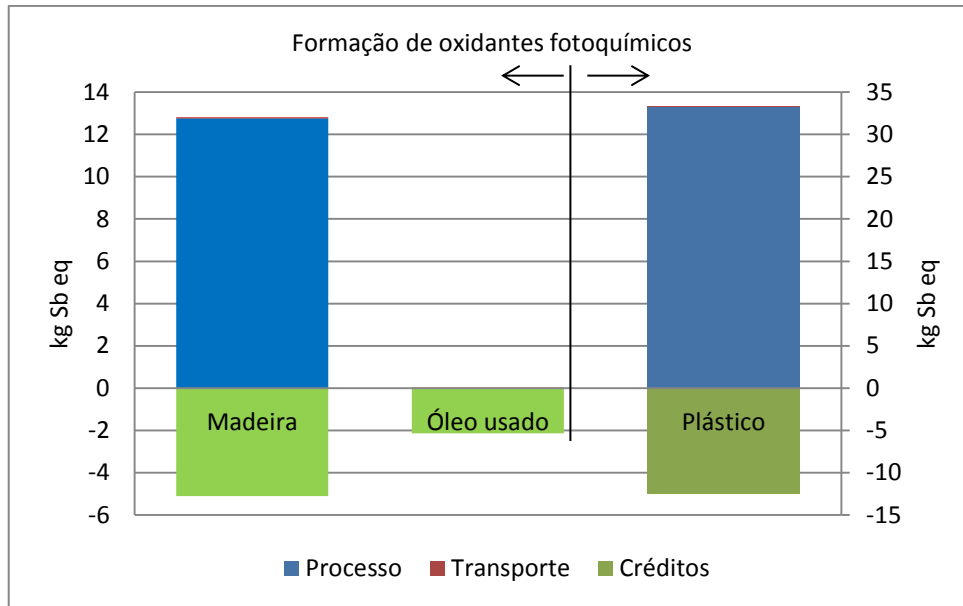


Figura 53 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Em relação ao resíduo madeira constata-se que o processo de incineração tem um peso elevado influenciado pela emissão  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 70% e pela emissão de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 28%.

Para o resíduo plástico o processo tem um peso decisivo devido às emissões de  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 73% e às emissões de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 26%.

No caso do resíduo óleo usado sabe-se que o impacto total deste resíduo é negativo (-2,1 kg Sb eq) devido às emissões de  $\text{SO}_2$  na ordem dos 94%.

As emissões são oriundas da queima de combustíveis fósseis.

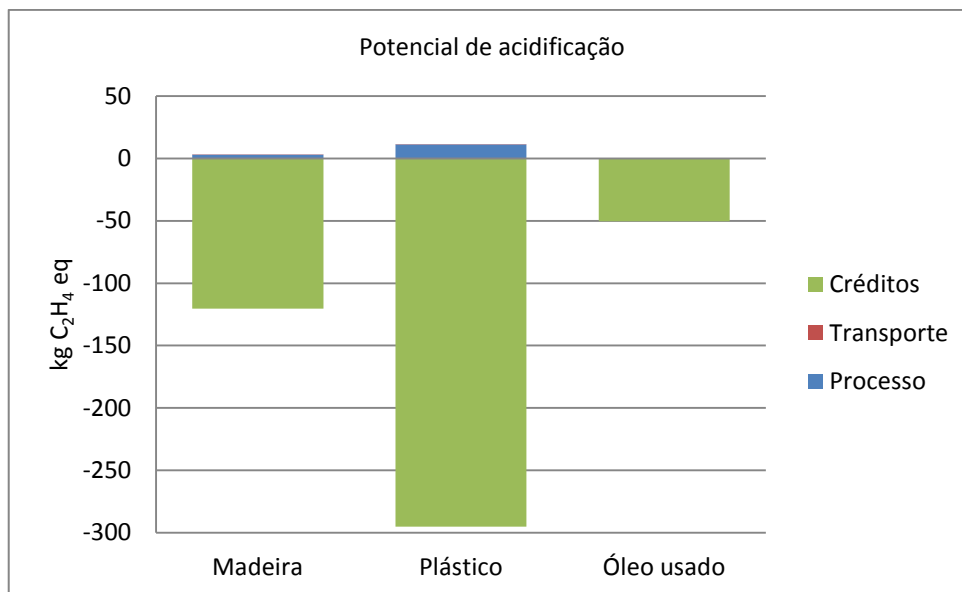


Figura 54 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Em relação aos resíduos madeira, plástico e óleo usado realça-se que o processo de incineração tem um peso elevado influenciado pela emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 99%.

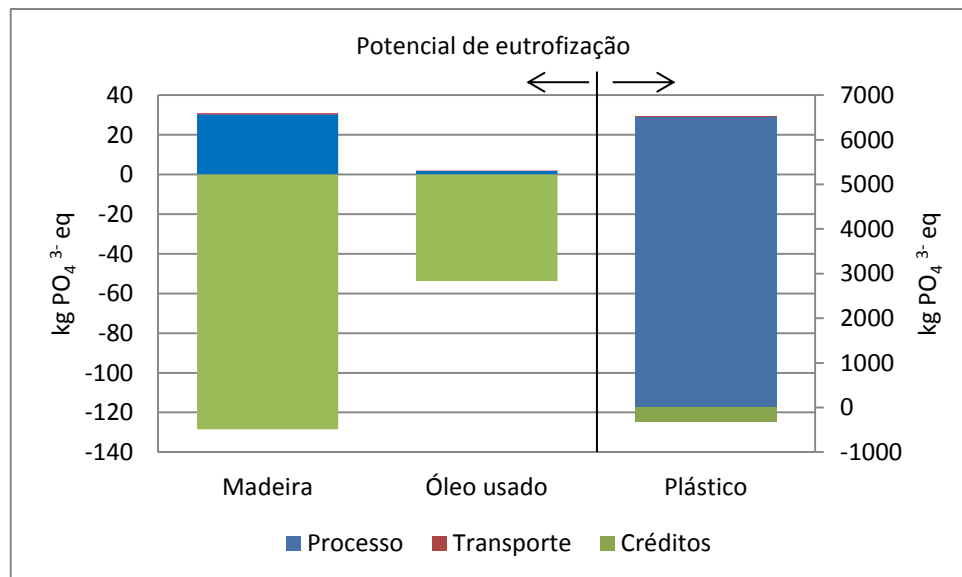


Figura 55 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Constata-se que para o resíduo madeira que o potencial de eutrofização evitado pela incineração, evidenciado no gráfico pelos créditos, supera o potencial de eutrofização do processo de incineração. Os créditos permitem reduzir o potencial de eutrofização que leva a um



aproveitamento energético. Verifica-se que, para este resíduo, a emissão de CQO tem uma contribuição na ordem dos 13%, o tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 76% devido à emissão de  $\text{PO}_4^{3-}$  e decorrente do processo de incineração.

Para o resíduo de plástico verifica-se que as emissões de  $\text{NO}_x$  na ordem 94% têm uma contribuição no tratamento incineração, resultante da utilização de combustíveis fósseis.

Verifica-se que no caso do resíduo óleo usado o potencial de eutrofização evitado pela incineração, evidenciado no gráfico pelos créditos, supera o potencial de eutrofização do processo de incineração. Os créditos permitem reduzir o potencial de eutrofização, que proporciona um aproveitamento energético. Verifica-se que, para este resíduo, o tratamento incineração (processo, transporte e créditos) tem um peso resultante da emissão  $\text{PO}_4^{3-}$  na ordem dos 90%.

#### 5.6.1.4. Cenário de tratamento aterro

Da Figura 56 à 60 apresentam-se, graficamente, os resultados da avaliação por impactes por categorias para o cenário de processo de eliminação em aterro dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados ao aterro. Os resultados do cálculo da avaliação de impacte para o resíduo inerte para o cenário de eliminação em aterro foram apresentados e discutidos no ponto 5.6.1.1.

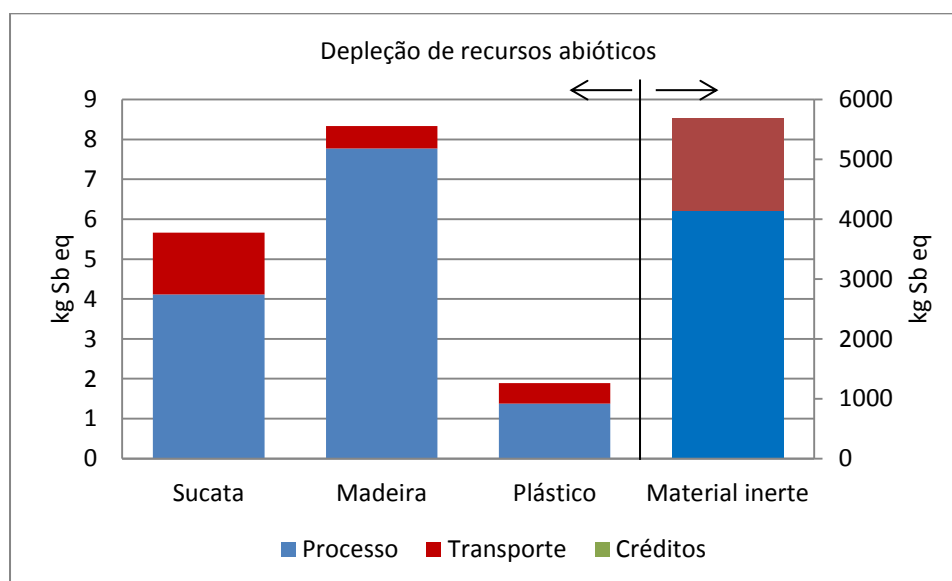


Figura 56 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Para a sucata, o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado. A depleção das reservas de petróleo contribuem na ordem dos 94% na eliminação em aterro causadas pelo consumo de gásóleo no equipamento.

Verifica-se que para o resíduo madeira que o processo de eliminação em aterro tem um peso originado pela depleção de reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 40%. Este resíduo tem, ainda, uma contribuição devido à depleção de reservas de petróleo na ordem dos 40%.

Para o resíduo plástico, o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado causado pela depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% devido ao consumo de gásóleo no equipamento.

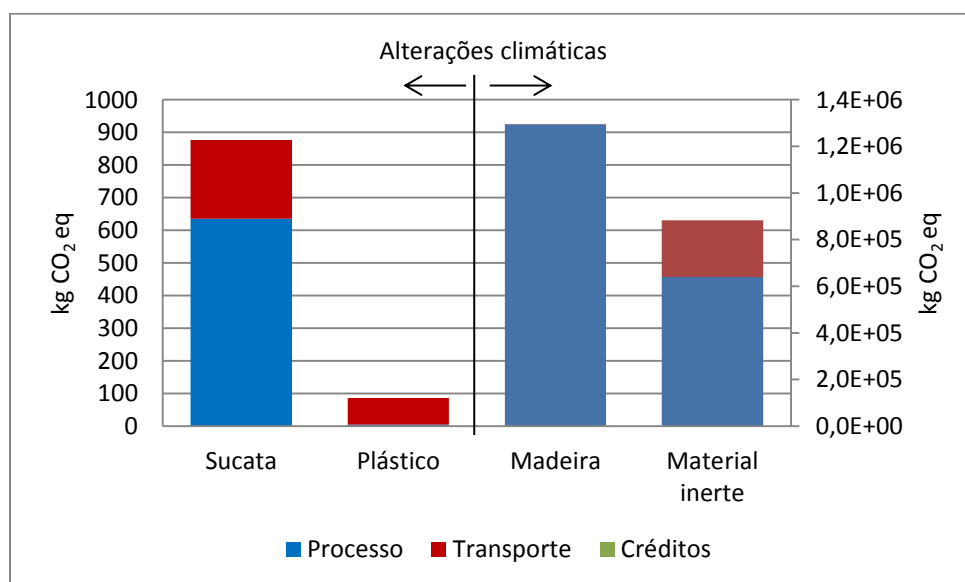


Figura 57 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Constata-se para o resíduo sucata que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97%. As emissões, no aterro de sucata, não se devem ao processo directo de aterro, mas sim, ao processo indirecto, como por exemplo, utilização de equipamento.

Para o resíduo madeira o processo tem um peso elevado devido às emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 85%.

No caso do resíduo de plástico observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo, tendo como origem principal as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 91%, causadas pelo transporte.

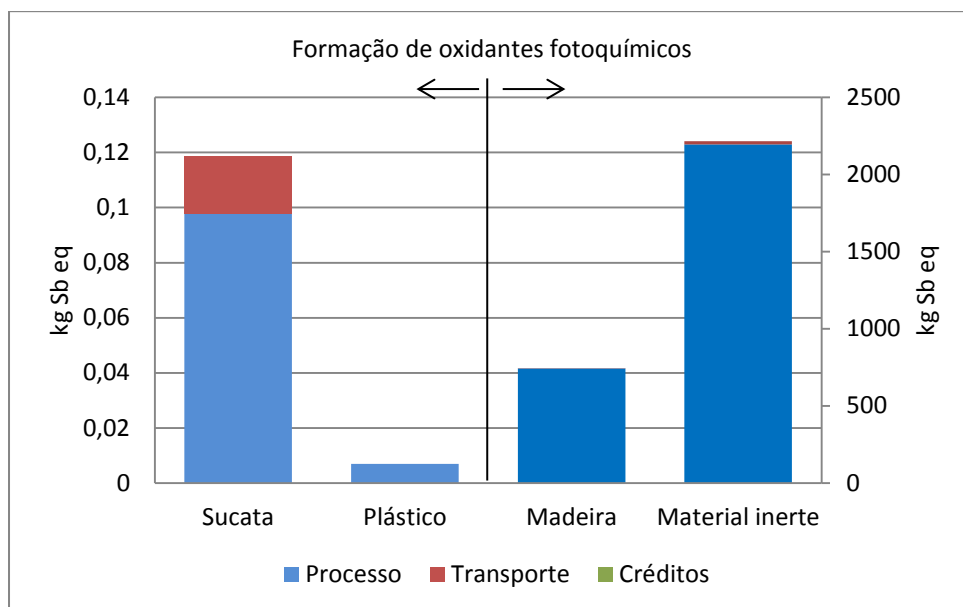


Figura 58 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Mostra-se que para a sucata que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, causado pela emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% e SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 45%. As emissões referidas são resultantes da queima de combustíveis fósseis.

Para o resíduo madeira o processo tem peso decisivo contribuindo para este facto as emissões de CO com uma contribuição na ordem dos 89% influenciando o resultado da formação de oxidantes fotoquímicos.

Verifica-se que, para o resíduo plástico, o processo de eliminação em aterro (processo, transporte e créditos) tem um peso elevado causado pela emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% e pela emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 45%.

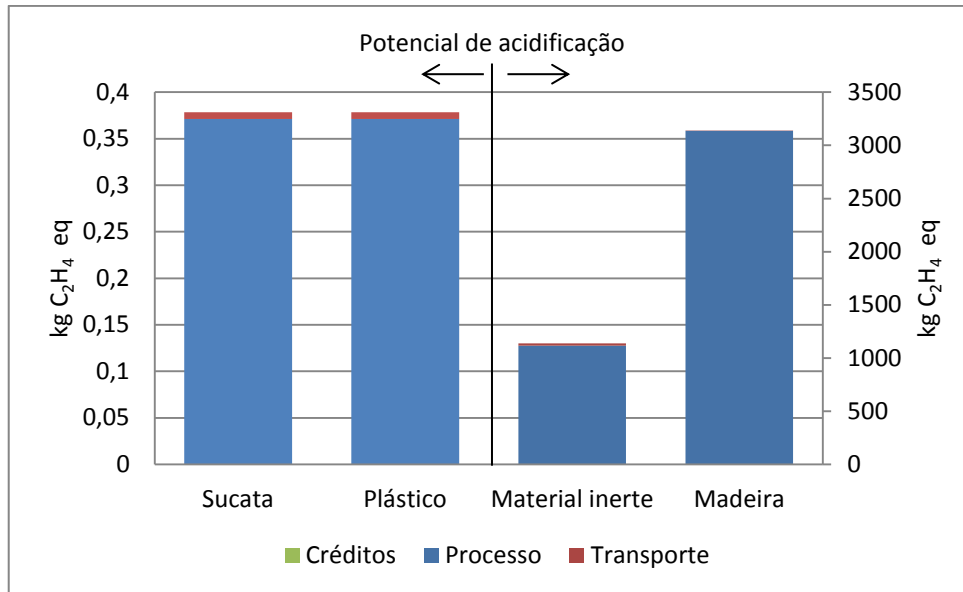


Figura 59 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Realça-se que para os resíduos sucata, plástico e madeira o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado devido às seguintes emissões:

- 98% para o resíduo de sucata devido ao SO<sub>2</sub>;
- 51% para o resíduo de madeira devido ao SO<sub>2</sub> e de 42% devido ao NH<sub>3</sub> (causado pela decomposição do resíduo);
- 98% e para o resíduo de plástico devido ao SO<sub>2</sub>.

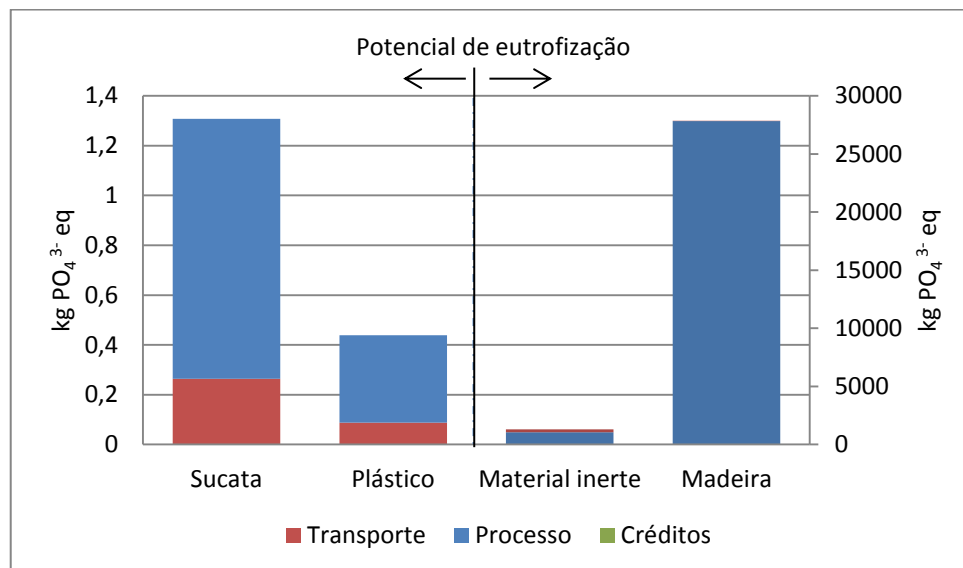


Figura 60 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Observa-se que para os resíduos sucata, plástico e madeira o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado devido às seguintes emissões:

- 93% para o resíduo de sucata devido ao NO<sub>x</sub>;
- 75% para o resíduo de madeira devido ao CQO;
- 93% para o resíduo de plástico devido ao NO<sub>x</sub>.

As emissões de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> são resultantes da utilização de combustíveis fósseis.

#### **5.6.1.5. Comparação de cenários**

Após o cálculo da avaliação do impacto da gestão de resíduos para o 1º caso de estudo para vários cenários de tratamento foi realizada uma comparação entre os cenários de aterro, reciclagem e de incineração para identificar o melhor e o pior cenário de tratamento de resíduos.

As Figuras 61 a 65 apresentam a comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para as categorias de depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. Para facilitar a comparação de cenários foi considerado na apresentação gráfica o valor absoluto mais elevado para cada resíduo e que corresponde a 100%. Os restantes valores dos diferentes cenários são relativos a este valor.

No gráfico no cenário de reciclagem considerou-se em vez de os dois tipos de plástico (plástico HDPE e plástico LDPE) apenas um (plástico HDPE), porque se verificou que os resultados são semelhantes para os dois tipos.

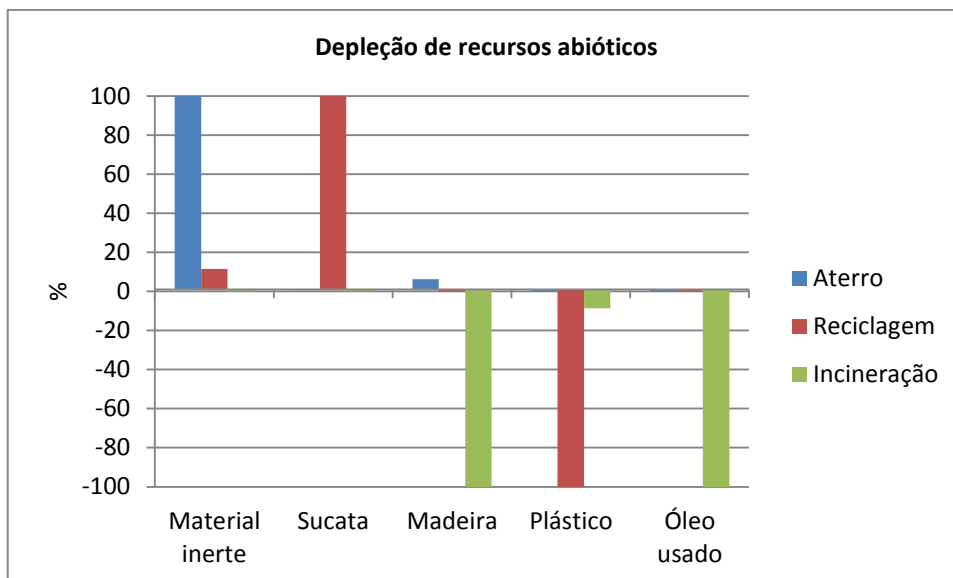


Figura 61 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

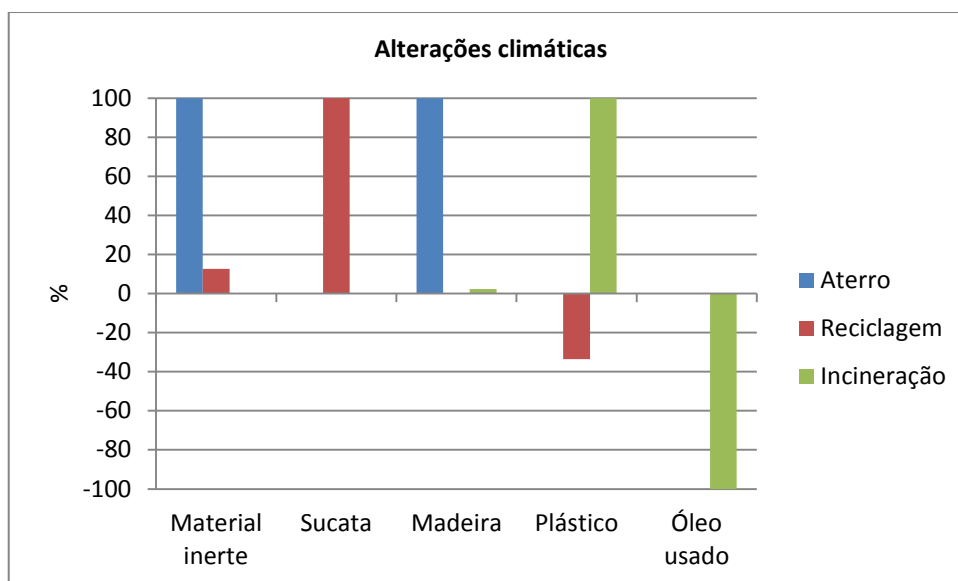


Figura 62 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

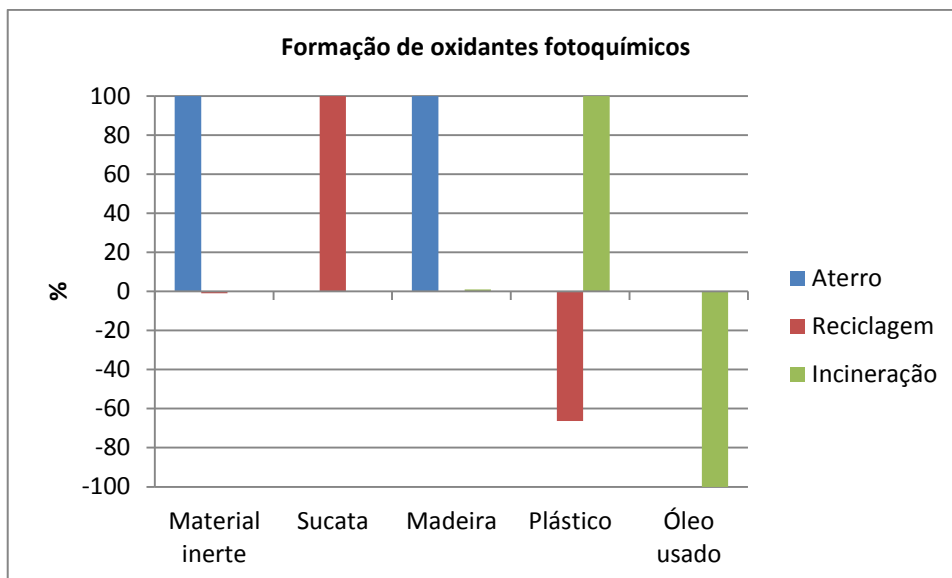


Figura 63 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

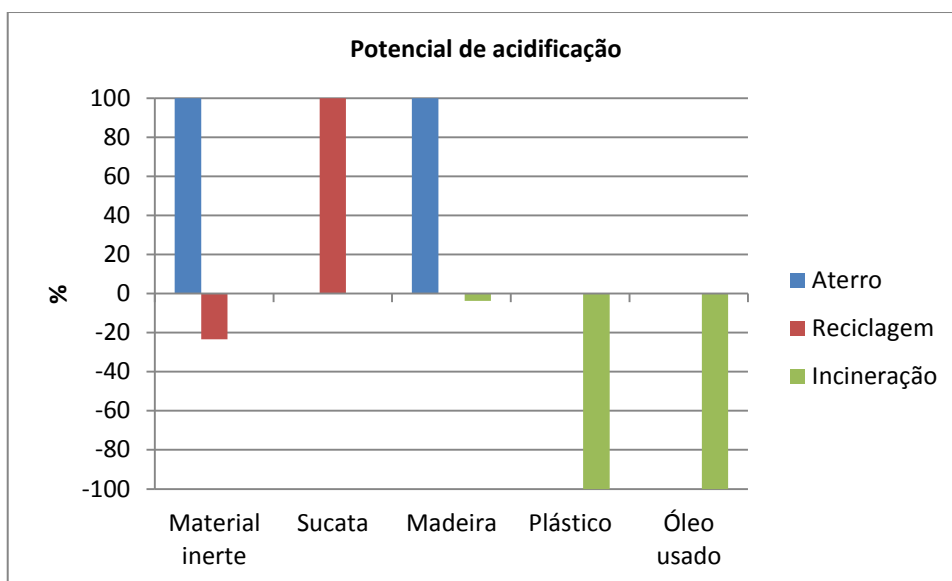


Figura 64 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

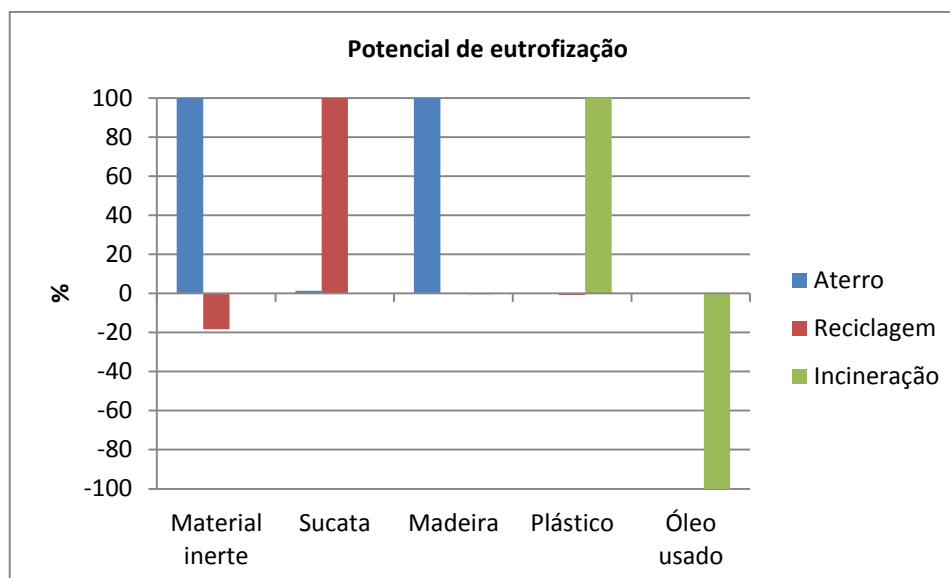


Figura 65 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de eutrofização cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

Verifica-se que para o resíduo inerte que o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem.

Verifica-se que para o resíduo sucata que o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro. Esta análise deve ser cautelosa porque os dados utilizados no processo de reciclagem foram fornecidos pela Wordsteel e quando comparados com os dados fornecidos pela base de dados Ecoinvent podem induzir a conclusões diferentes, porque as bases de dados têm metodologias de cálculo diferenciadas.

Para McDouglas et al. (2001) a utilização de sucata na produção de novos materiais reduz a poluição do ar, reduz o uso da água em 40% e a poluição da água, reduz a quantidade de resíduos de escavação, reduz o consumo total de energia. A produção de aço virgem requer 36 GJ por tonelada enquanto, que a produção de aço a partir de sucata requer apenas 18 GJ por tonelada, tem ainda a vantagem de conservar o minério de ferro (1,5 toneladas por cada tonelada de sucata reciclada) e evita a extração de carvão (0,5 toneladas por tonelada de sucata reciclada). Para o autor a reciclagem de sucata incorporando-a em novos materiais torna-se vantajosa beneficiando o ambiente. Uma das evidências retirada deste trabalho para as cinco categorias analisadas é que



o cenário de reciclagem torna-se desvantajoso, o que está em contradição com a constatação do autor.

Constata-se que para o resíduo madeira o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro, no entanto o cenário mais favorável nas categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração e nas categorias alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é o correspondente ao processo de reciclagem.

Mostra-se que para o resíduo plástico:

- o cenário mais desfavorável na categoria depleção de recursos abióticos é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais desfavorável na categoria alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração;
- o cenário mais desfavorável na categoria potencial de acidificação é o correspondente ao processo de incineração;
- o cenário mais favorável na categoria potencial de acidificação é o correspondente ao processo de reciclagem;
- o cenário mais favorável na categoria depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de reciclagem.

Para o resíduo óleo usado utiliza-se, como referido anteriormente, o tratamento de incineração. No 1º caso é o único em que se produz resíduo de óleos usados. Para todas as categorias ambientais calculadas, o resíduo óleos usados é o maior contribuinte na avaliação de impacto no cenário de incineração, o único tratamento calculado. Para todas as categorias calculadas, o resíduo óleo usado apresenta uma contribuição com valores negativos que representa benefícios para o ambiente, o que significa que durante o tratamento dos resíduos vai ser produzida energia que será reutilizada. Pasqualino recomenda, num dos seus estudos, que a melhor solução para os resíduos perigosos é a incineração, enquanto a reciclagem é recomendada para os materiais inertes e plásticos (Pasqualino et al., 2008).

As Tabelas 22 a 26 apresentam os resultados dos cálculos para hipotéticos cenários por categorias dos resíduos produzidos evidenciando os prejuízos (+) e benefícios (-) para o ambiente.

Tabela 22 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Óleo usado
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+ 5038	-720	+8,36	+3765	---
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+133	-3436	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	- 141	-328	---

Tabela 23 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Óleo usado
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+7,71*10 <sup>5</sup>	-3,19*10 <sup>5</sup>	+1,29*10 <sup>6</sup>	+1,69*10 <sup>4</sup>	---
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-3,14*10 <sup>4</sup>	-3,86*10 <sup>5</sup>	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-1,26*10 <sup>6</sup>	+2,89*10 <sup>5</sup>	---

Tabela 24 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Óleo usado
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+2238	-95	+743	+1384	---
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-9	-35	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-734	+21	---

Tabela 25 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Óleo usado
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+1404	-868	+3129	-0,26	---
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+125	+284	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-3253	-284	---

Tabela 26 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Óleo usado
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+1556	-97	+2,78*10 <sup>4</sup>	+44	---
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+98	-247	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-2,79*10 <sup>4</sup>	+6203	---

Mostra-se que para o cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem para as categorias depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de eutrofização, a eliminação em aterro é desfavorável para todos os resíduos produzidos excepto para o resíduo de sucata. Conclui-se que para resíduo sucata, o tratamento reciclagem em alternativa eliminação em aterro reduz as reservas de recursos e as emissões.

Para o cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração para a categoria alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é favorável para os resíduos madeira e plástico. No entanto para a categoria de potencial de acidificação agrava as emissões.

Verifica-se que para o cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro, para as categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação, o tratamento incineração é favorável para os resíduos madeira e plástico.

Ortiz et al. (2010) referem que para a maioria das categorias ambientais calculadas (potencial de acidificação, alterações climáticas, eutrofização, uso de recursos, energia renovável, energia não renovável, uso de água) o resíduo inerte é o maior contribuinte com impacto no cenário de eliminação em aterro, seguido dos resíduos de sucata, plástico, madeira e outros. De acordo com o estudo elaborado pelos autores, o resíduo inerte é o maior contribuinte devido à grande quantidade deste tipo de resíduo que é gerado no caso de estudo na Catalunha em Espanha. Concluíram que o cenário de reciclagem, comparativamente, com os restantes cenários tem menor impacto para os resíduos analisados. Quando o cenário de aterro é comparado com o cenário de incineração observam que, com excepção da categoria de aquecimento global, o cenário de incineração apresenta um impacto menor do que o aterro. Em algumas categorias, o cenário incineração apresenta valores negativos, o que significa, que o impacto evitado (gerar energia) é superior aos impactos gerados (processo de incineração, transporte e aterro das cinzas). As conclusões de Ortiz et al. (2010) do cenário reciclagem mostram que para os resíduos do processo de construção e obtenção de materiais, todos os impactos ambientais foram negativos devido à recuperação de materiais reciclados, especialmente madeira e plástico. Para a maioria das categorias ambientais calculadas, o resíduo madeira, tem maiores benefícios ambientais tanto para os resíduos do processo como para os resíduos gerados pelas embalagens dos materiais, devido aos impactos evitados com a recuperação de materiais. A reciclagem do resíduo de madeira é benéfica para todas as categorias ambientais. Como conclusão final, os autores recomendam a reciclagem sempre que possível, incineração para outros resíduos e o envio para aterro quando não exista outra solução para os restantes resíduos. Tal como verificado pelos autores, é importante sublinhar que mesmo quando da avaliação de impacto ambiental para o processo de tratamento reciclagem ser positivo e não beneficiar o ambiente é sempre inferior à avaliação de impacto ambiental para o processo de tratamento de eliminação em aterro.

Fazendo uma comparação com os resultados obtidos por Ortiz et al. (2010) constata-se que nos dois estudos a eliminação em aterro do resíduo inerte é o maior contribuinte para o ambiente, seguido dos resíduos plástico e madeira. Os estudos diferem em relação à contribuição da sucata, sendo para Ortiz et al. (2010) também a sucata um contribuinte no processo de eliminação em aterro. Quando os autores comparam os cenários aterro e incineração observam

que o cenário de incineração, com exceção da categoria de aquecimento global, apresenta um impacto menor do que a eliminação em aterro. À exceção do resíduo madeira na categoria de alterações climáticas os dois trabalhos estão em sintonia. No estudo apresentado por Ortiz et al. (2010) todos os impactos ambientais calculados para o tratamento reciclagem foram negativos, não coincidindo com os resultados apresentados neste trabalho.

### **5.6.2.2º caso de estudo**

Como referido, anteriormente, no 2º caso de estudo não foram gerados resíduos de óleo usado, águas oleosas e papel.

Os resultados do cálculo da avaliação de impacto para os resíduos inerte, sucata, plástico e madeira para os cenários real, tratamento de reciclagem, eliminação em aterro e incineração foram apresentados e discutidos no ponto 5.6.1.

Neste caso de estudo foi gerado resíduo de vidro para o qual foram obtidos elementos para o cálculo da avaliação de impacto para o processo de aterro e reciclagem. O processo de reciclagem de vidro abrange a transformação do material no forno de fusão, a moldagem e empacotamento. Tipicamente as emissões do processo são referentes à utilização do forno (Swiss Agency, 1998).

#### **5.6.2.1. Cenário de tratamento real**

As figuras 66 a 70 apresentam, graficamente, os resultados da avaliação de impactos por categorias para o cenário de tratamento real dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados à reciclagem.

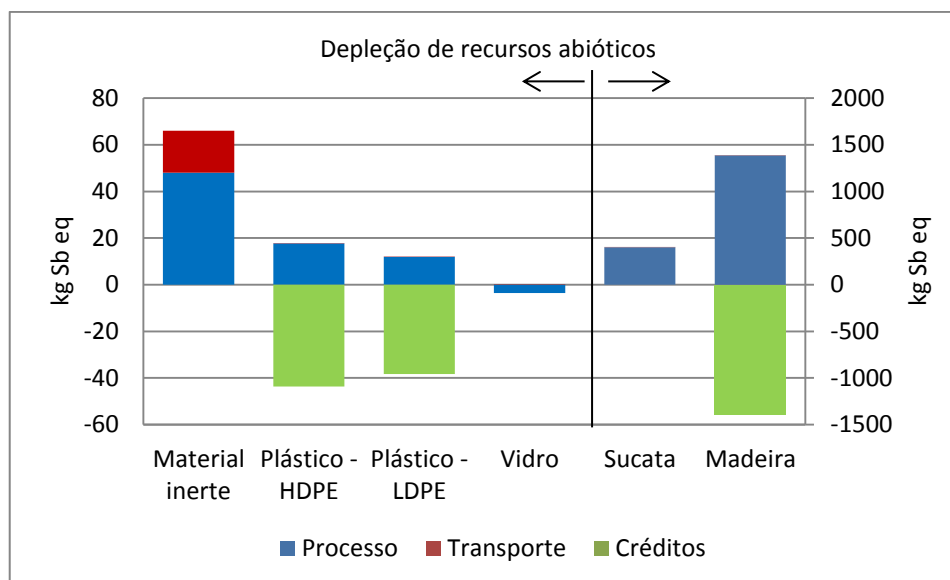


Figura 66 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Constata-se que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso na ordem dos 94%, tendo como causa a depleção de reservas de petróleo originadas pelo consumo de gásóleo no equipamento.

Para a sucata, o processo de reciclagem tem um peso elevado. A depleção das reservas de carvão hulha contribui em 57% no processo. Os elementos utilizados para o cálculo do processo de reciclagem foram os fornecidos pela Wordlsteel que garantem terem considerado no seu cálculo os créditos da reciclagem da sucata.

No resíduo plástico a depleção de recursos impedida pela reciclagem, evidenciada no gráfico pelos créditos, excedem a depleção de recursos do processo de reciclagem. Os créditos permitem diminuir os recursos abióticos. A depleção de reservas de gás natural tem um peso muito decisivo nos créditos, da ordem dos 77%, para os resíduos plásticos. O impacto total deste resíduo é negativo (-26 kg Sb eq).

Para o resíduo madeira o processo excede os créditos o que torna o impacto total deste resíduo positivo (0,66 kg Sb eq), devido à depleção de reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 46% e devido à depleção das reservas de carvão hulha com uma contribuição na ordem dos 22%.

O impacto total do resíduo vidro é negativo (-3,6 kg Sb eq) e apura-se que para este resíduo o tratamento de reciclagem, processo, tem um peso que é causado pela depleção de reservas de

petróleo com uma contribuição na ordem dos 74% e pela depleção das reservas de carvão hulha com uma contribuição na ordem dos 23%.

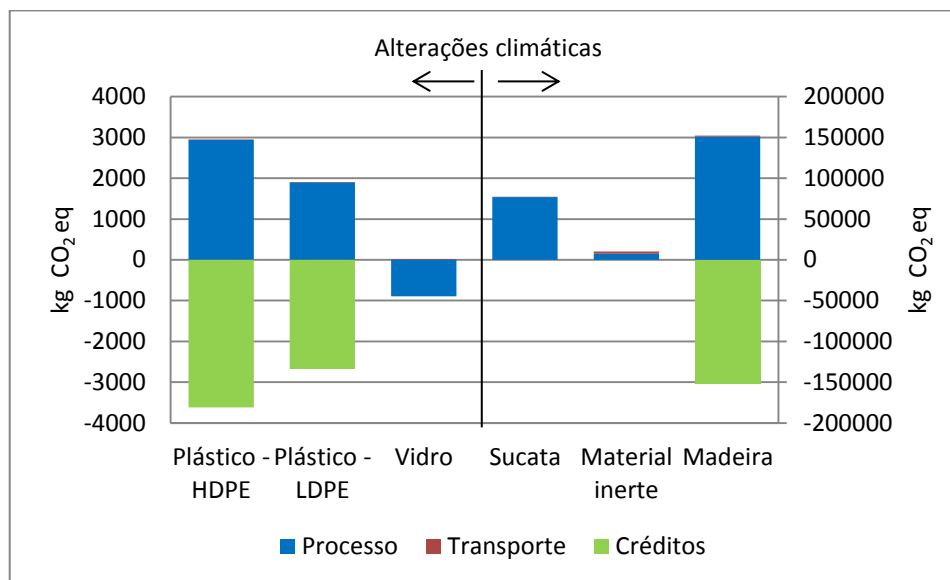


Figura 67 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Observa-se para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97%. As emissões, no aterro de resíduo inerte, devem-se ao processo indirecto, como por exemplo, utilização de equipamento.

Para a sucata o processo tem um peso elevado devido às emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 92% que são provocadas no processo de reciclagem.

As emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas com a reciclagem dos plásticos são consideráveis com uma contribuição total (processo, transporte e créditos) na ordem dos 84%. O impacto total deste resíduo é negativo (-673 kg CO<sub>2</sub> eq para o resíduo plástico HDPE e - 771 kg CO<sub>2</sub> eq para o resíduo plástico LDPE). Estas emissões resultam da queima de combustíveis fósseis para a produção de energia consumida no processo (Swiss Agency, 1998). As emissões evitadas na realização de um produto com material reciclado são superiores às emissões emitidas pelo processo de realização do mesmo produto com material virgem.

O balanço entre os créditos e o processo para o resíduo de madeira é positivo (220 kg CO<sub>2</sub> eq) causado pelas emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 83%.

Verifica-se que para o resíduo vidro que no tratamento de reciclagem o processo tem um peso elevado causado pela emissão de CO<sub>2</sub> na ordem dos 98%. O impacto total deste resíduo é negativo (-892 kg CO<sub>2</sub> eq).

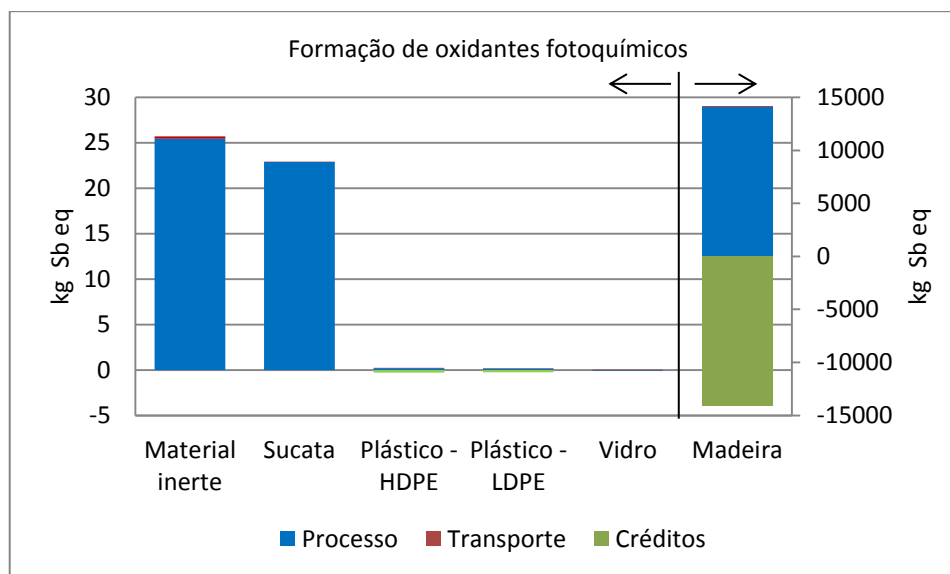


Figura 68 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Faz-se notar que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, causado pela emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 94%. As emissões de CO com uma contribuição na ordem dos 2,9% e SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 2,4% não são relevantes comparadas com as emissões do CH<sub>4</sub>. Estas emissões são decorrentes da queima de combustíveis fósseis.

Para a sucata o processo tem peso determinante devido às emissões de CO com uma contribuição na ordem dos 69% que são provocadas pela queima de combustíveis fósseis.

Para o resíduo plástico o balanço entre os créditos e o processo é negativo (-0,09 kg Sb eq). As emissões de CO evitadas contribuem na ordem dos 69% para o impacto.

Para o resíduo madeira observa-se que o impacto total deste resíduo é negativo (-1,6 kg Sb eq), as emissões de CO evitadas são da ordem dos 80%.

Para o resíduo vidro observa-se que o impacto total deste resíduo é negativo (-0,07 kg Sb eq), as emissões de CO evitadas são da ordem dos 89%.



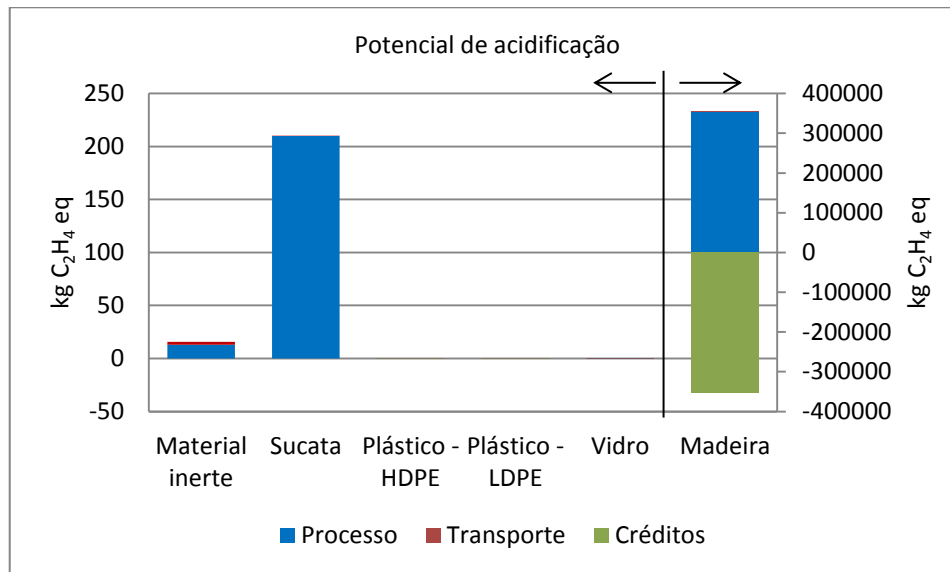


Figura 69 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Para o resíduo inerte verifica-se que o processo de eliminação em aterro tem um peso marcante imputado à emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%, motivada pela utilização de equipamentos.

Para a sucata o processo tem um peso decisivo, devido às emissões SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 73%.

As emissões de NH<sub>3</sub> evitadas na reciclagem dos plásticos são significativas com uma contribuição total na ordem dos 58%. O impacto total deste resíduo é negativo (-0,001 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

Para o resíduo madeira verifica-se que o impacto total deste resíduo é positivo (13 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq), atribuído às emissões de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%. As emissões NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub> têm uma contribuição pouco significativa no impacto total.

Para o resíduo vidro o processo tem um peso significativo, devido às emissões de NH<sub>3</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%. O impacto total deste resíduo é negativo (-0,30 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

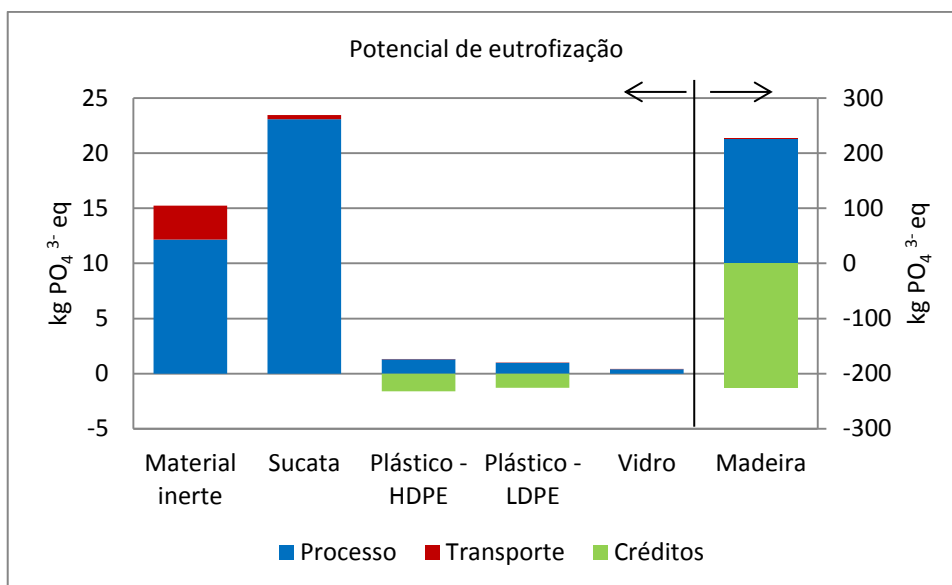


Figura 70 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Faz-se notar que para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso decisivo causado pela emissão No<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93%.

Para a sucata o processo tem um peso significativo, influenciado pelas emissões de No<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 64%.

Para o resíduo plástico o potencial de eutrofização poupado pela reciclagem, que sobressai no gráfico pelos créditos, ultrapassa o potencial de eutrofização do processo de reciclagem. Os créditos permitem reduzir o potencial de eutrofização. O impacto total deste resíduo é negativo (-0,30 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq), devido à emissão de No<sub>x</sub> evitada na ordem dos 93%.

Para o resíduo madeira observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo (0,93 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq), causado pelas emissões de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> com uma contribuição na ordem dos 63%. Estas emissões são produzidas pelo sub-processo de produção de energia necessária à reciclagem de madeira.

Para o resíduo de vidro o processo tem um peso significativo, devido às emissões de No<sub>x</sub> (95%). O impacto total deste resíduo é positivo (0,40 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq).

### 5.6.2.2. Cenário de tratamento reciclagem

Da Figura 71 à 75 apresenta-se, graficamente, os resultados do cálculo da avaliação de impacto por categorias para os resíduos inerte, sucata, plásticos de alta densidade, plásticos de

baixa densidade, vidro e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem. Os resultados do cálculo da avaliação de impacto para os resíduos sucata, plásticos alta densidade, plásticos baixa densidade, vidro e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem foram apresentados e discutidos no ponto anterior (5.6.2.1.).

À semelhança do 1º caso este processo de reciclagem de resíduo inerte foi calculado a partir do processo execução de betão existente na base de dados, tendo sido introduzidas as alterações já mencionadas (5.6.1.2.).

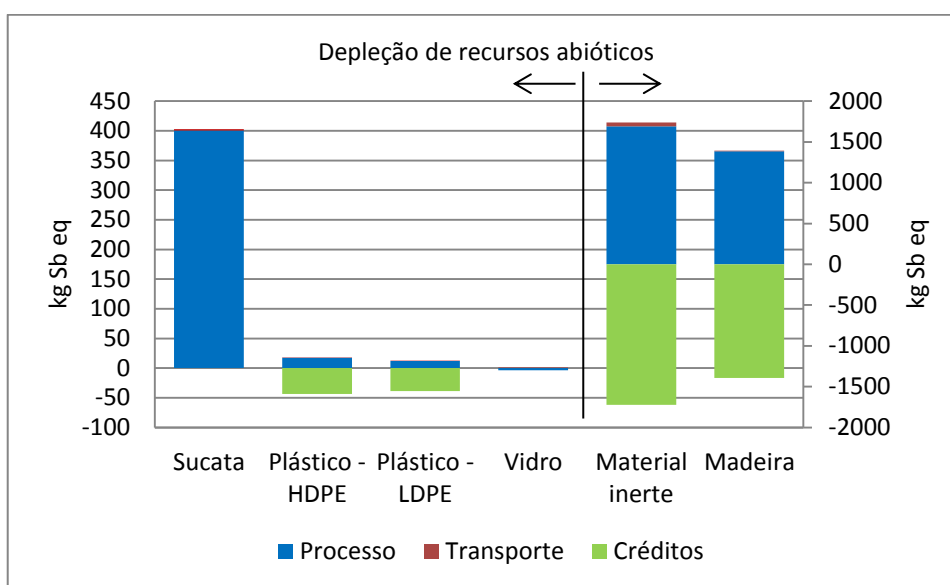


Figura 71 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos em kg Sb eq

No resíduo inerte a depleção de recursos prevenida pela reciclagem torna-se evidente no gráfico pelos créditos, que suplantam a depleção de recursos do processo de reciclagem. Os créditos, neste caso, permitem reduzir os recursos abióticos. A depleção de reservas de petróleo tem um peso determinante nos créditos, da ordem dos 75%, para o resíduo inerte, produzida pelo consumo de gásóleo no equipamento. O impacto total deste resíduo é positivo (17 kg Sb eq).

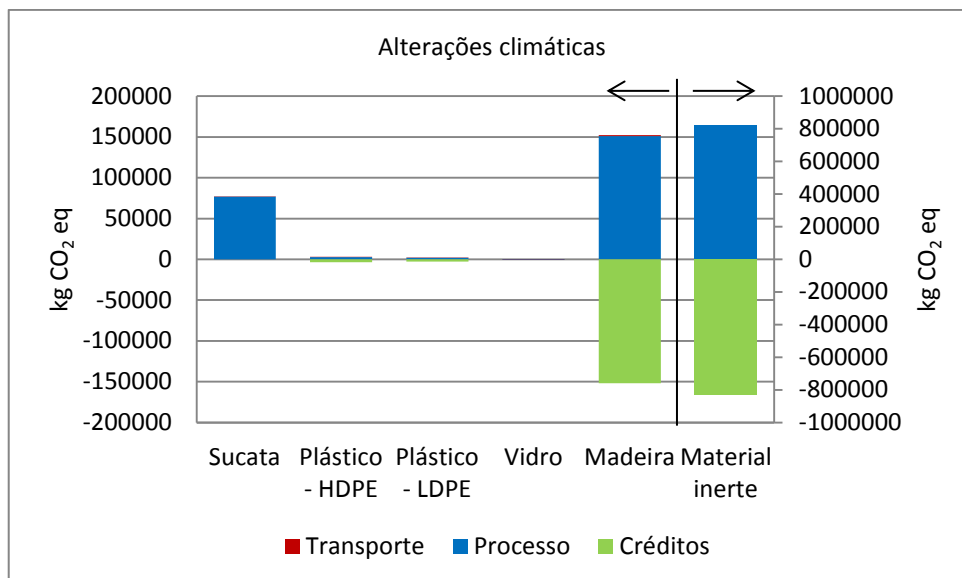


Figura 72 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas em kg CO<sub>2</sub> eq

As emissões de CO<sub>2</sub> ligadas à reciclagem do resíduo inerte são determinantes com uma contribuição total (processo, transporte e créditos) na ordem dos 96%. O impacto total deste resíduo é positivo (2779 kg CO<sub>2</sub> eq). As emissões advêm da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos.

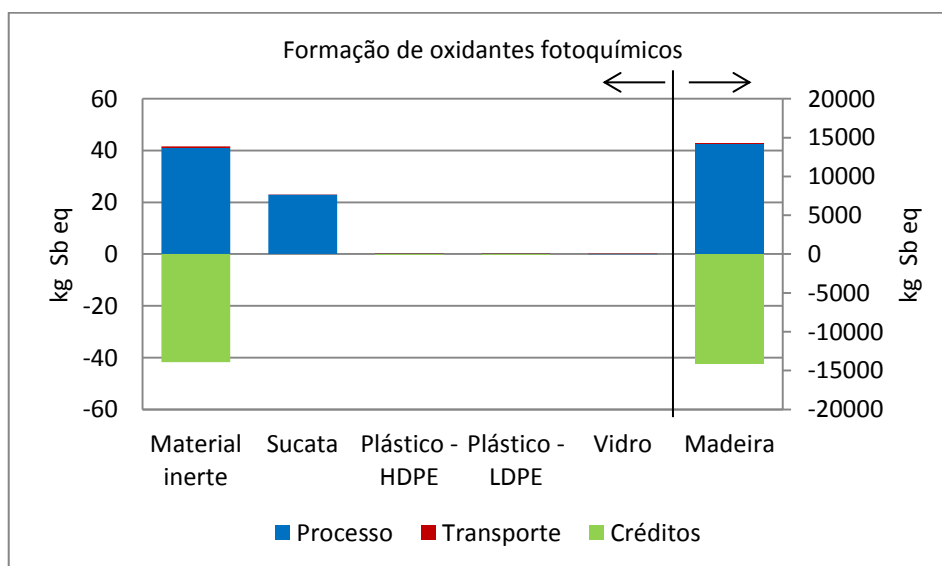


Figura 73 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

A formação de oxidantes fotoquímicos para o resíduo inerte, impedida pela reciclagem, comprovada no gráfico pelos créditos, excede a formação de oxidantes fotoquímicos do processo

de reciclagem. Os créditos reduzem a formação de oxidantes fotoquímicos. Verifica-se que, para este resíduo, o tratamento de reciclagem (processo, transporte e créditos) tem um peso na ordem dos 42% no total das emissões causado pela emissão de  $N_2O$  e na ordem dos 42% devido à emissão de  $CH_4$ . As emissões são originárias da queima de combustíveis fósseis. O impacto total deste resíduo é negativo (-0,11 kg Sb eq).

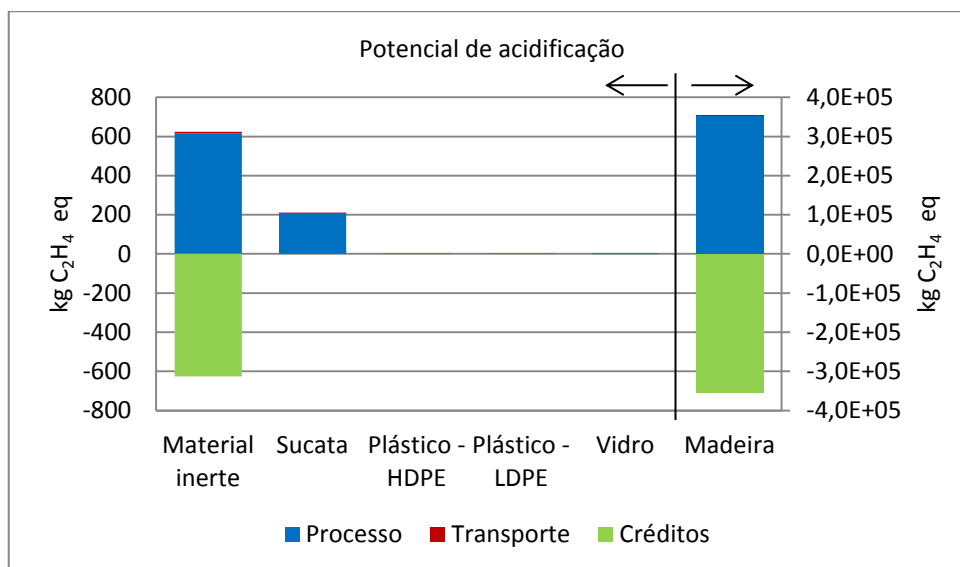


Figura 74 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

As emissões de  $SO_2$  evitadas na reciclagem do resíduo inerte são significativas com uma contribuição total (processo, transporte e créditos) na ordem dos 97%. O impacto total deste resíduo é negativo (-1,6 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

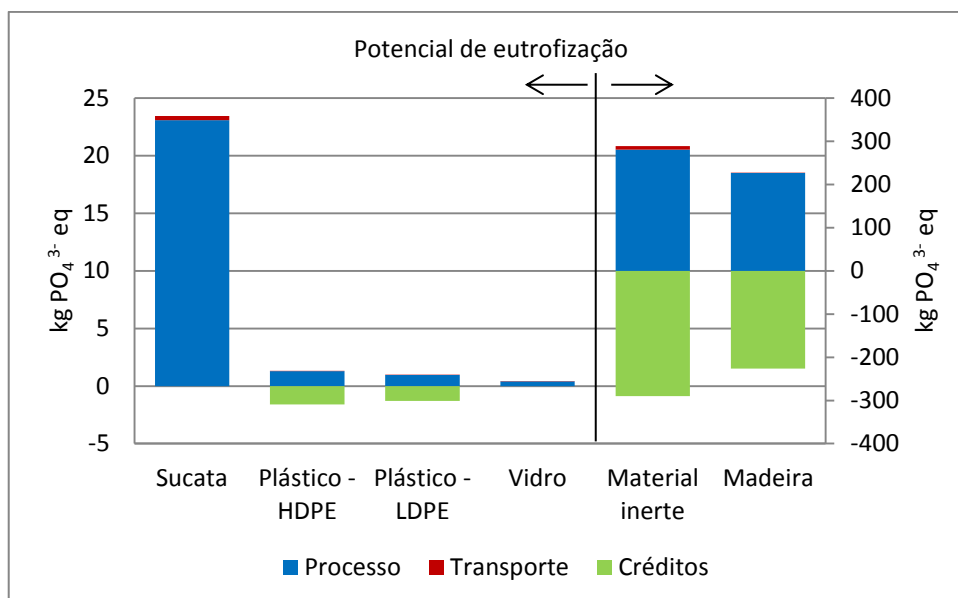


Figura 75 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

No resíduo inerte o potencial de eutrofização evitado pela reciclagem supera o potencial de eutrofização do processo de reciclagem. Os créditos permitem diminuir o potencial de eutrofização. Para este resíduo a contribuição da emissão de No<sub>x</sub> é na ordem dos 34% e na ordem de 63% para a emissão de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Estas emissões decorrem do sub-processo de produção de cimento necessário para o processo. O impacto total deste resíduo é negativo (-1,15 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq).

### 5.6.2.3. Cenário de tratamento incineração

Da Figura 76 à 80 apresentam-se, graficamente, os resultados do cálculo da avaliação de impactos por categorias para o cenário de tratamento de incineração dos resíduos produzidos, evidenciando a contribuição relativa do processo, dos transporte e dos créditos associados à incineração. Os resíduos gerados não tiveram este tratamento, mas a avaliação foi realizada para se poder fazer uma comparação entre cenários. Este processo conduz a um aproveitamento energético. O resíduo vidro não foi incluído neste estudo atendendo ao seu poder calorífico não ser valorizável.



Figura 76 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Para todos os resíduos a depleção de recursos evitada pela incineração, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a depleção de recursos do processo de incineração. As emissões são causadas pelo funcionamento da incineradora.

Para o resíduo madeira a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 47% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 40% devido à depleção de reservas de gás natural. O impacto total deste resíduo é negativo (-219 kg Sb eq).

Para o resíduo plástico a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 47% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 40% devido à depleção de reservas de gás natural. O impacto total deste resíduo é negativo (-2,26 kg Sb eq).

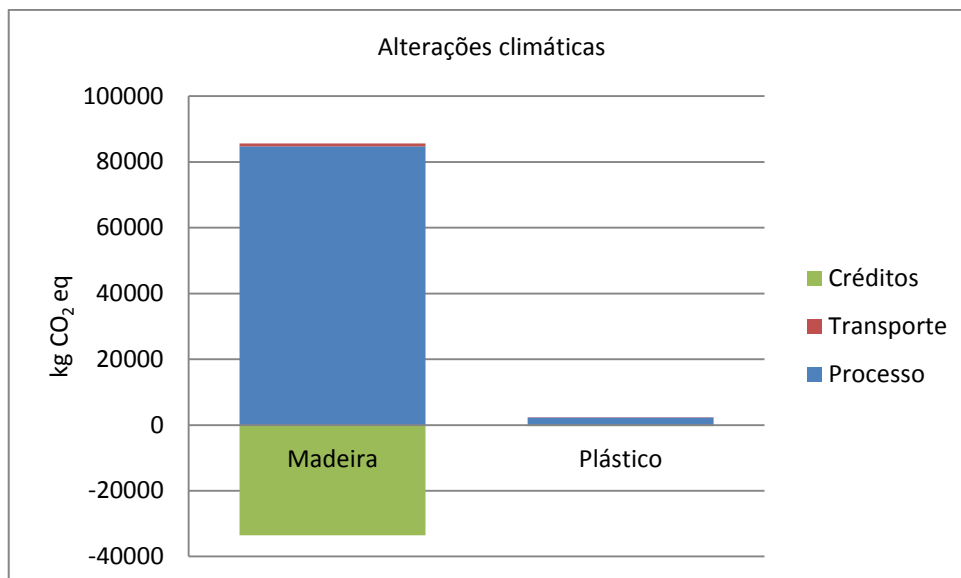


Figura 77 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Para o resíduo de madeira o impacto total deste resíduo é positivo (52019 kg CO<sub>2</sub> eq) causado pelas emissões de CH<sub>4</sub> que contribuem na ordem dos 73% e as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 27%.

No caso do resíduo plástico as emissões associadas ao tratamento de incineração (processo, transporte e créditos) são importantes, tendo como principal causa a emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 46% e devido às emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 54%. O impacto total deste resíduo é positivo (343 kg Sb eq).

As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos.



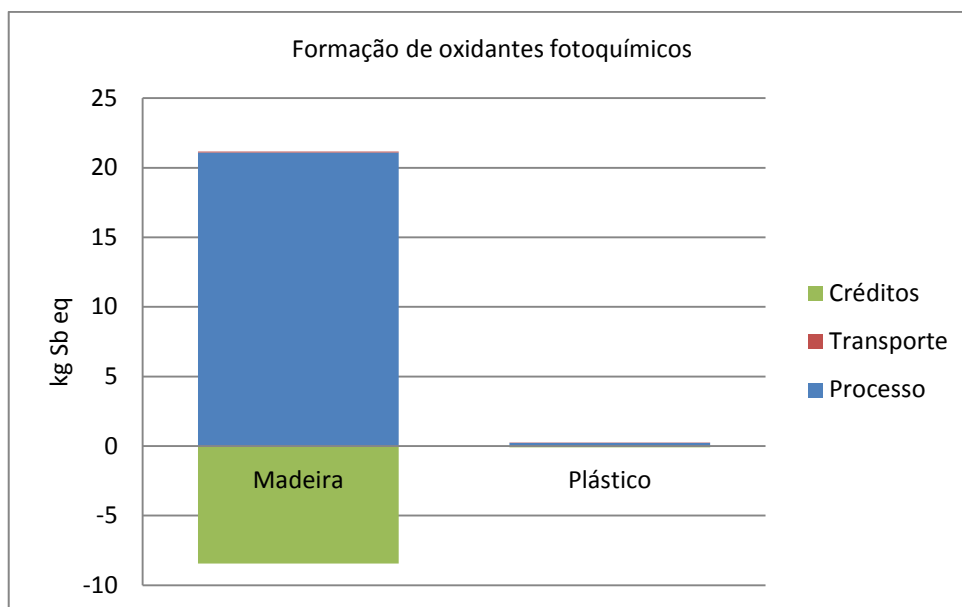


Figura 78 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Observa-se, no caso do resíduo madeira, que o processo de incineração tem um peso substancial devido à emissão de  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 69% e de emissão de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 27%.

Para o resíduo plástico o processo tem um peso importante influenciado pelas emissões de  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 73% e às emissões de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 26%. O impacto total deste resíduo é positivo (0,14 kg Sb eq).

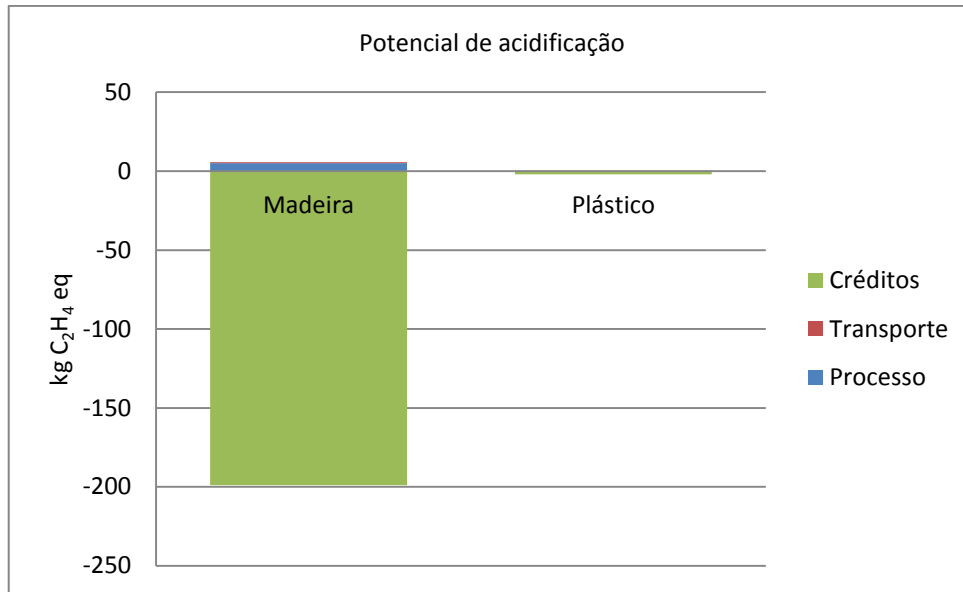


Figura 79 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Para os resíduos madeira e plástico salienta-se que os créditos excedem o processo influenciados pela emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 99%. O impacte total do resíduo plástico é negativo (-1,96 kg Sb eq).

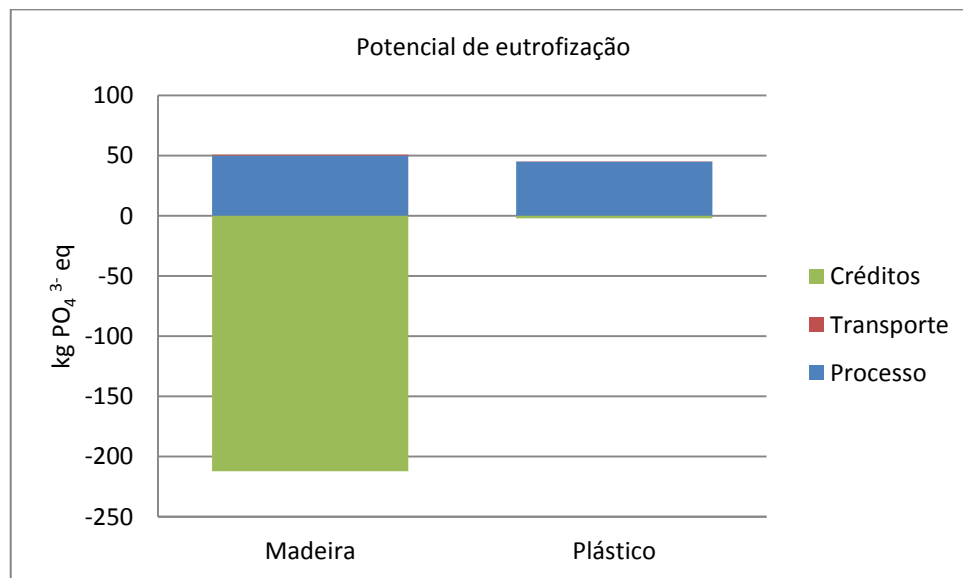


Figura 80 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Para o resíduo madeira o potencial de eutrofização reduzido pela incineração, distinguido no gráfico pelos créditos, supera o potencial de eutrofização do processo de incineração. Os créditos

permitem diminuir o potencial de eutrofização que leva a um aproveitamento energético. Mostra-se, para este resíduo, que para o tratamento incineração (processo, transporte e créditos) é evitada a emissão de CQO na ordem dos 13% e de de  $\text{PO}_4^{3-}$  na ordem dos 76%, decorrente do processo de incineração.

Mostra-se, no caso do resíduo de plástico que o tratamento de incineração tem um peso alto devido às emissões de  $\text{NO}_x$  com uma contribuição na ordem dos 95%, decorrente da utilização de combustíveis fósseis. O impacte total deste resíduo é positivo (42,78 kg Sb eq).

#### 5.6.2.4. Cenário de tratamento aterro

Da Figura 81 à 85 apresenta-se, graficamente, os resultados da avaliação por impactes por categorias para o cenário do processo de eliminação em aterro dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados ao aterro. Os resultados do cálculo da avaliação de impacte para o resíduo inerte para o cenário de eliminação em aterro foram apresentados e discutidos no ponto 5.6. 2.1.

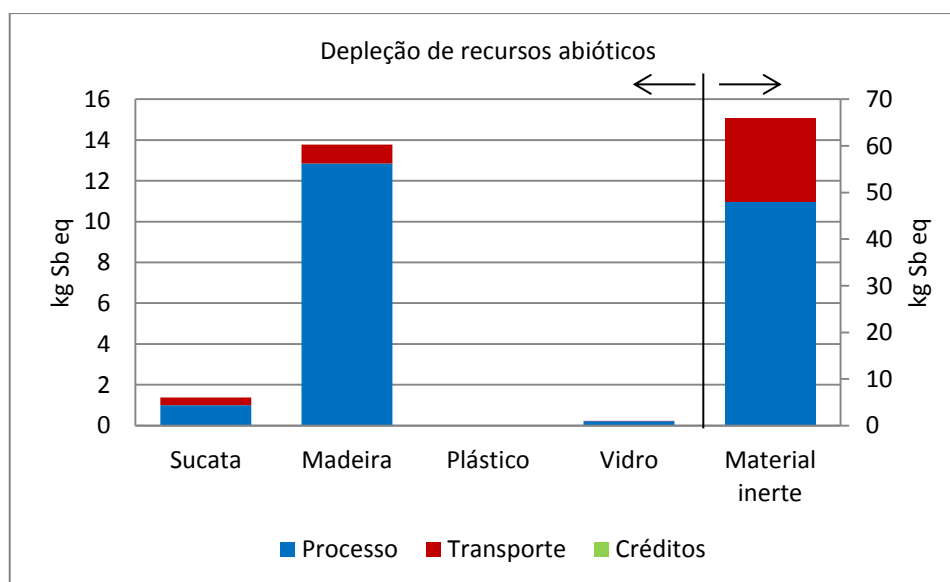


Figura 81 - Avaliação de impacte para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Para todos os resíduos a depleção de recursos abióticos consumida pelo processo superam a depleção de recursos abióticos do transporte. Na eliminação em aterro não foram considerados os créditos. A diminuição de reservas foi causada pelo consumo de gásóleo no equipamento.

Mostra-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% para o resíduo de sucata;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 40% para o resíduo de madeira;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% para o resíduo de plástico;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 88% para o resíduo de vidro;
- depleção das reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 40% para o resíduo de madeira.

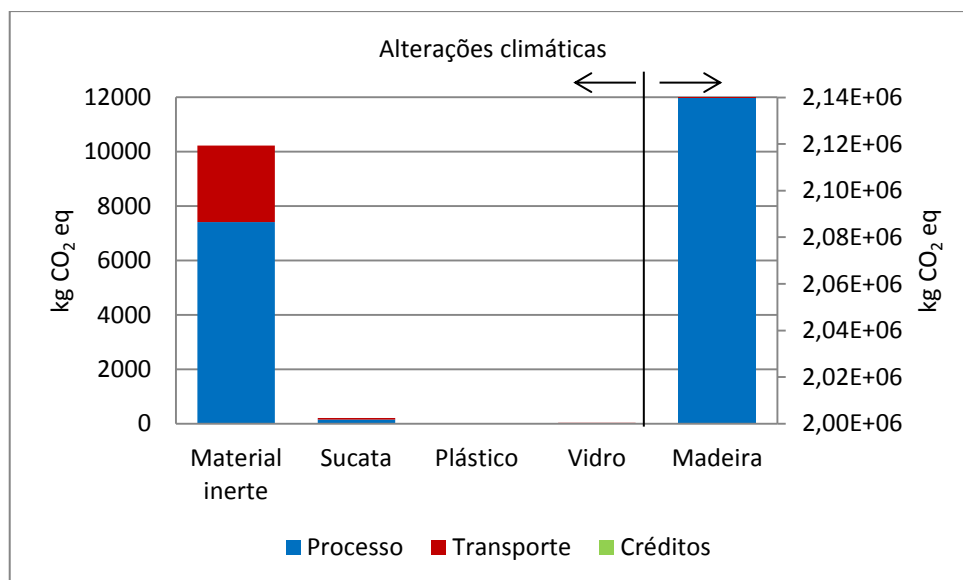


Figura 82 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Realça-se que para os resíduos sucata, madeira e vidro o processo tem um peso elevado, mas para o resíduo plástico é o transporte que tem um peso elevado, devido às seguintes contribuições:

- emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97% para o resíduo de sucata;
- emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 85% para o resíduo de madeira;
- emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 91% para o resíduo de plástico;
- emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 93% para o resíduo de vidro.

As emissões da eliminação em aterro são causadas pela utilização de equipamento para o transporte dos resíduos dentro do aterro, modelação do resíduo e modelação do aterro.

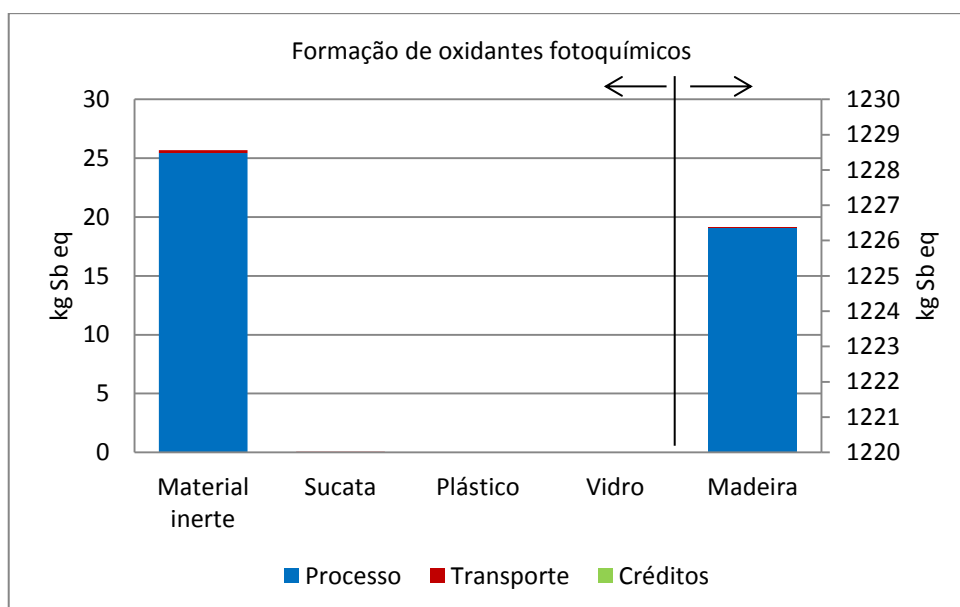


Figura 83 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Para os resíduos material inerte, sucata e plástico o transporte contribui em 17% do total do impacto, no caso do resíduo vidro esse valor é de 7%.

Sabe-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% para o resíduo de sucata;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 45% para o resíduo de sucata;

- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 89% para o resíduo de madeira;
- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% para o resíduo de plástico;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 45% para o resíduo de plástico;
- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 49% para o resíduo de vidro;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 41% para o resíduo de vidro.

As emissões referidas são resultantes da queima de combustíveis fósseis.

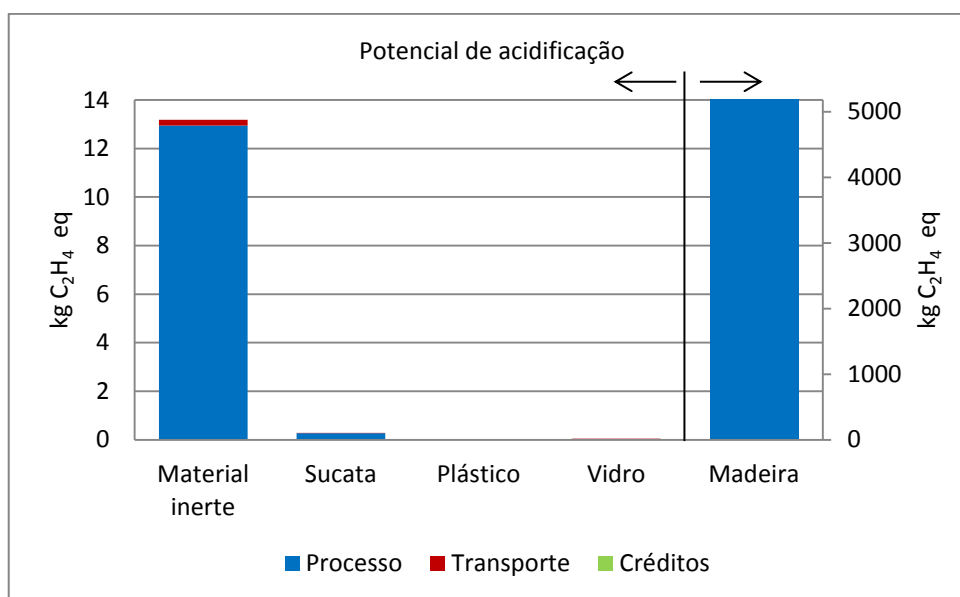


Figura 84 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Observa-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98% para o resíduo de sucata;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 51% para o resíduo de madeira;
- emissão de NH<sub>3</sub> com uma contribuição na ordem dos 42% para o resíduo de madeira;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98% para o resíduo de plástico;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97% para o resíduo de vidro.

As emissões de NH<sub>3</sub> para o resíduo madeira são causadas pela decomposição em aterro do resíduo.

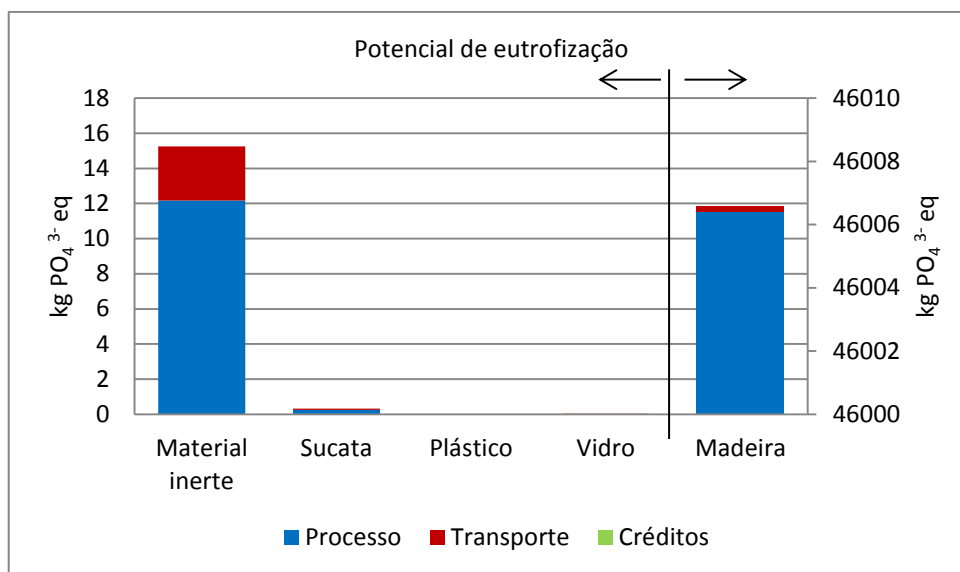


Figura 85 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Evidencia-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93% para o resíduo de sucata;
- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93% para o resíduo de plástico;
- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 89% para o resíduo de vidro;
- emissão de CQO com uma contribuição na ordem dos 75% para o resíduo de madeira.

As emissões de NO<sub>x</sub> são resultantes da utilização de combustíveis fósseis.

#### 5.6.2.5. Comparação de cenários

À semelhança do 1º caso de estudo após cálculo da avaliação do impacto da gestão de resíduos foi realizada uma comparação entre cenários eliminação por aterro, reciclagem e de incineração.

As Figuras 86 a 90 apresentam a comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para as categorias de depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. Para facilitar a comparação de cenários foi considerado na apresentação gráfica o valor absoluto mais elevado

para cada resíduo e que corresponde a 100%. Os restantes valores dos diferentes cenários são relativos a este valor.

No gráfico no cenário de reciclagem considerou-se em vez de os dois tipos de plástico (plástico HDPE e plástico LDPE) apenas um (plástico HDPE), porque se verificou que os resultados são semelhantes.

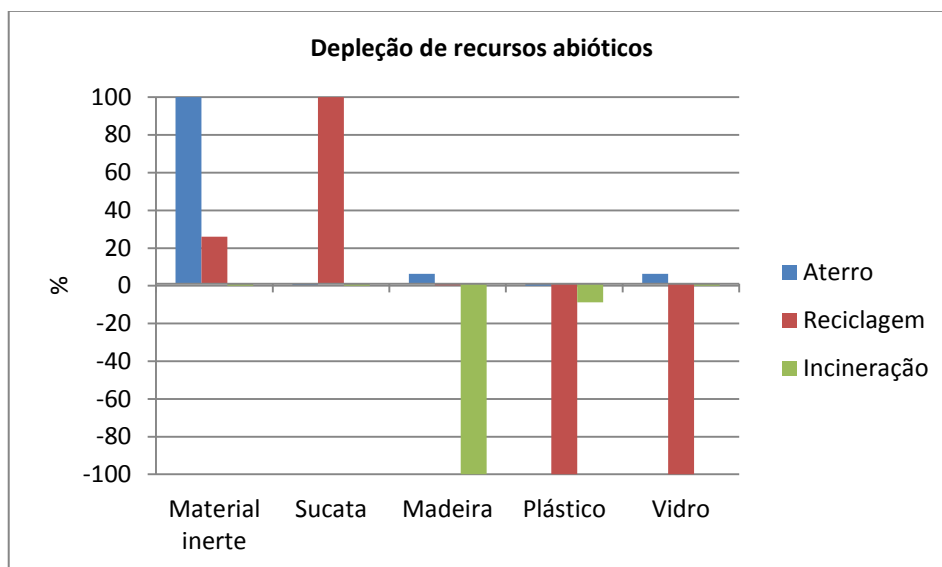


Figura 86 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

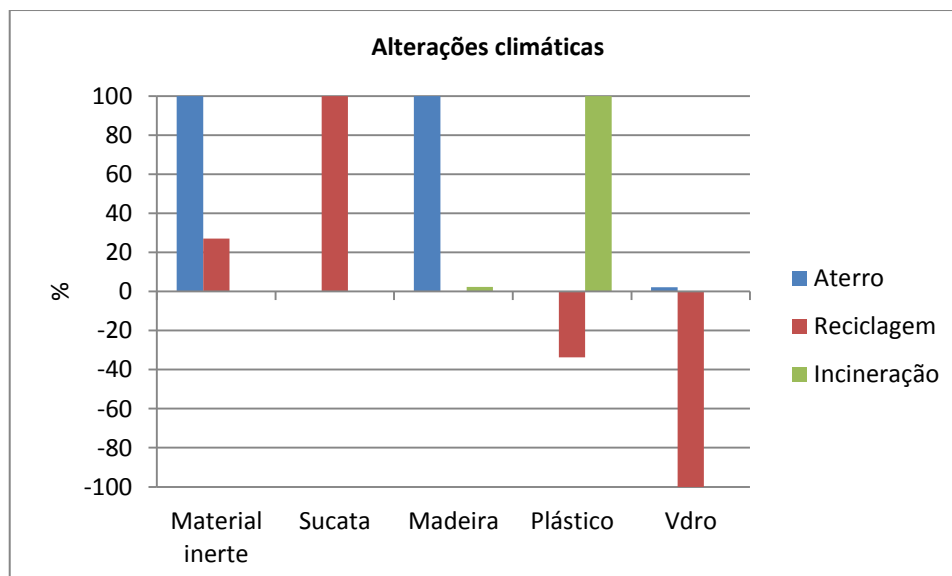


Figura 87 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %



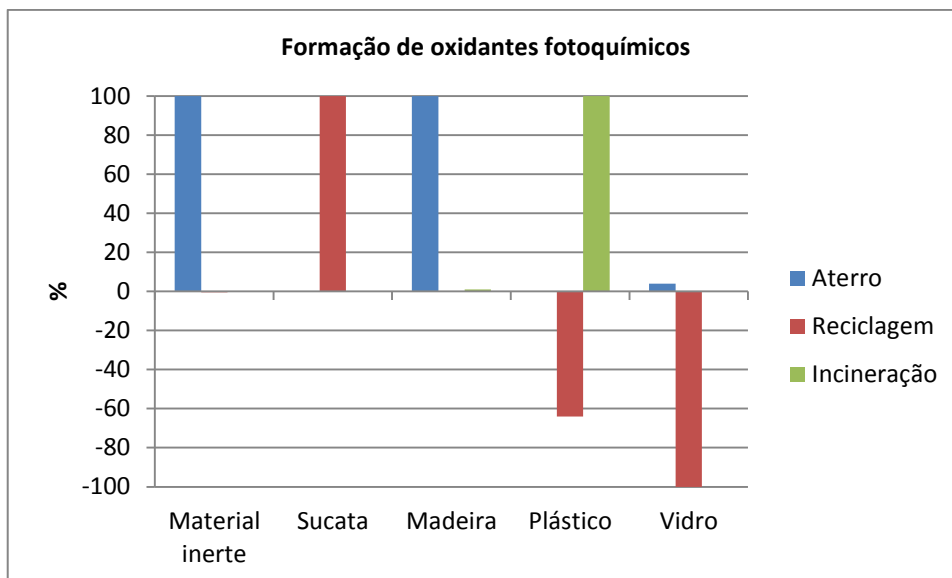


Figura 88 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

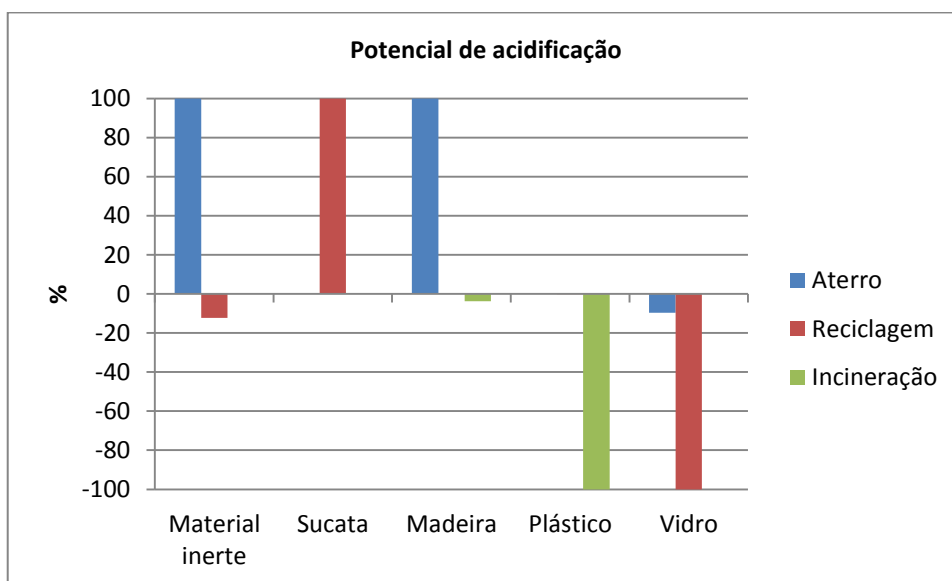


Figura 89 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

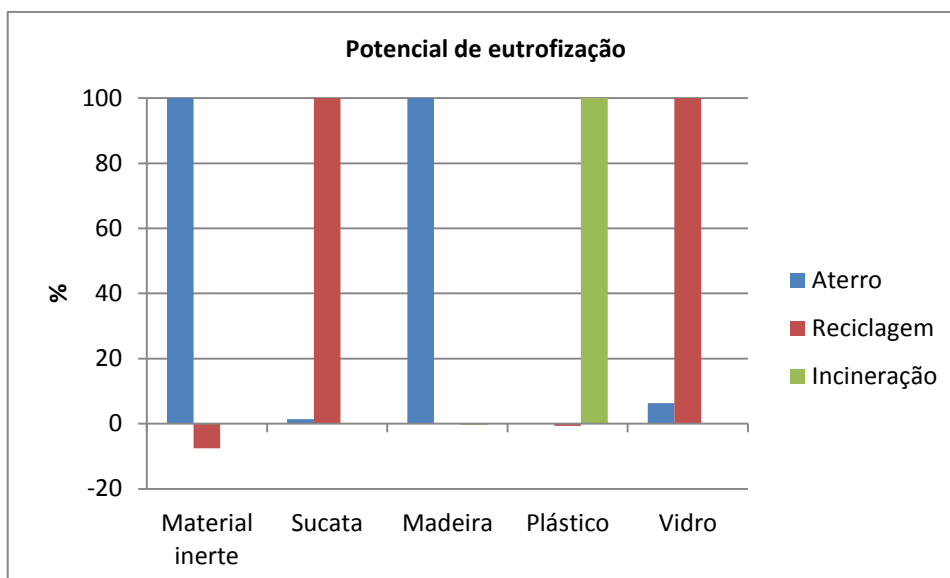


Figura 90 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de eutrofização cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

Tal como no 1º caso realça-se que para o resíduo inerte que o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem.

Verifica-se que para o resíduo sucata que o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro. Esta análise deve ser cautelosa porque os dados utilizados no processo de reciclagem foram fornecidos pela Wordsteel e quando comparados com os dados fornecidos pela base de dados Ecoinvent podem induzir a conclusões diferentes, porque as bases de dados têm metodologias de cálculo diferenciadas. Estes resultados são iguais aos verificados no 1º caso de estudo.

Verifica-se que para o resíduo madeira que o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro, no entanto o cenário mais favorável nas categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração e nas categorias alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é o correspondente ao processo de reciclagem.

Mostra-se que para o resíduo plástico:

- o cenário mais desfavorável na categoria depleção de recursos abióticos e potencial de acidificação é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais desfavorável na categoria alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração;
- o cenário mais favorável na categoria depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de reciclagem;
- o cenário mais desfavorável na categoria potencial de acidificação é o correspondente ao processo de incineração.

Realça-se que para o resíduo vidro:

- o cenário mais desfavorável nas categorias depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de acidificação é o correspondente ao processo de eliminação em aterro e na categoria potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de reciclagem;
- o cenário mais favorável nas categorias depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de acidificação é o correspondente ao processo de reciclagem e na categoria potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de eliminação em aterro.

McDouglas et al. (2001) referem que na produção de vidro com material reciclado, em vez de material virgem, um aumento de 10% de resíduo vidro reduz a energia de fusão em 2,5%, as emissões de  $\text{NO}_x$  em 4% e as emissões de  $\text{SO}_x$  em 10%. No estudo elaborado a emissão de  $\text{NO}_x$  para a categoria de potencial de acidificação contribui para a redução das emissões totais, no entanto para a categoria de potencial de eutrofização contribui para o aumento das emissões totais.

As Tabelas 27 a 31 apresentam os resultados dos cálculos para hipotéticos cenários por categorias dos resíduos produzidos evidenciando as perdas (+) e ganhos (-) para o ambiente.

Tabela 27 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+49	-401	+13	+26	+3,8
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+220	-24	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-233	-2,3	---

Tabela 28 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+7448	-7,70*10 <sup>4</sup>	+2,14*10 <sup>6</sup>	+675	+912
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-5,18*10 <sup>4</sup>	-2666	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-2,09*10 <sup>6</sup>	+1991	---

Tabela 29 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+26	-23	+1228	+0,09	+0,08
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-14	-0,24	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-1214	+0,14	---

Tabela 30 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+15	-210	+5170	+0,003	+0,33
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+206	+1,95	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-5377	-1,96	---

Tabela 31 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+16	-23	+4,60*10 <sup>4</sup>	+0,31	-0,37
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+1,62	-43	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-4,62*10 <sup>4</sup>	+43	---

Mostra-se que para o cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem para as categorias depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação, a eliminação em aterro é desfavorável para todos os resíduos produzidos excepto o resíduo de sucata. Conclui-se que para esse resíduo, o tratamento reciclagem em alternativa eliminação em aterro, reduz as reservas de recursos e as emissões.

Verifica-se para o cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro, para as categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação, o tratamento incineração é favorável para os resíduos madeira, plástico.

Para o cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa à incineração para a categoria alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é favorável para os resíduos madeira e plástico. No entanto para a categoria de potencial de acidificação agrava as emissões.

Para o 2º caso de estudo verificam-se as mesmas conclusões apontadas no 1º caso de estudo que se encontram apresentadas no ponto 5.6.1.5.

### **5.6.3.3º caso de estudo**

Como referido, anteriormente, no 3º caso de estudo não foram gerados resíduos de óleo usado e águas oleosas. Neste caso de estudo é o único onde é gerado o resíduo papel.

Os resultados do cálculo da avaliação de impacte para os resíduos inerte, sucata, plástico, madeira e vidro para os cenários real, tratamento de reciclagem, eliminação em aterro e incineração foram apresentados e discutidos nos pontos 5.6.1 e 5.6.2.

Neste caso de estudo foi gerado resíduo de papel para o qual foram obtidos elementos para o cálculo da avaliação de impacte para o processo de aterro, reciclagem e incineração. As emissões do processo de reciclagem de papel são referentes à utilização de energia térmica e devido ao processo de reciclagem (Swiss Agency, 1998).

#### **5.6.3.1. Cenário de tratamento real**

As figuras 91 a 94 apresentam, graficamente, os resultados da avaliação de impactes por categorias para o cenário de tratamento real dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados à reciclagem.

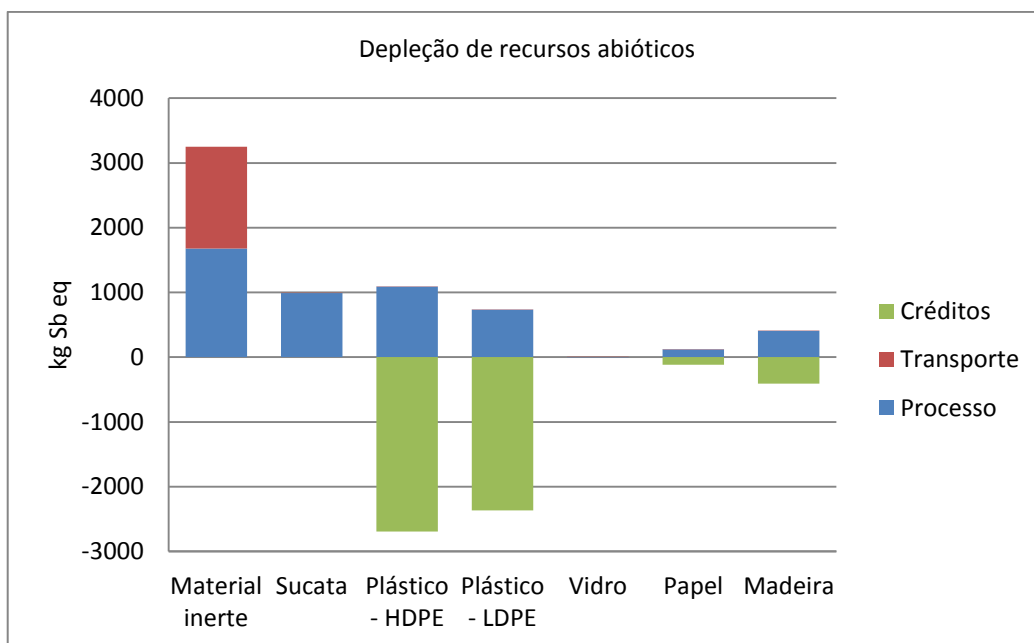


Figura 91 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Mostra-se que para os resíduos inerte, sucata, plástico de alta densidade, plástico de baixa densidade, vidro, papel e madeira o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% para o resíduo de inerte;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 74% para o resíduo de vidro;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 62% para o resíduo de madeira;
- depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 23% para o resíduo de papel;
- depleção das reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 78% para o resíduo de plástico;
- depleção das reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 51% para o resíduo de papel;
- depleção das reservas de gás natural com uma contribuição na ordem dos 36% para sucata;

- depleção das reservas de carvão hulha com uma contribuição na ordem dos 57% para o resíduo de sucata;
- depleção das reservas de carvão hulha com uma contribuição na ordem dos 23% para o resíduo de vidro.

Estas emissões foram causadas pelo consumo de gasóleo no equipamento. Tal como no 1º e 2º casos de estudo confirmam-se os resultados acima apresentados.

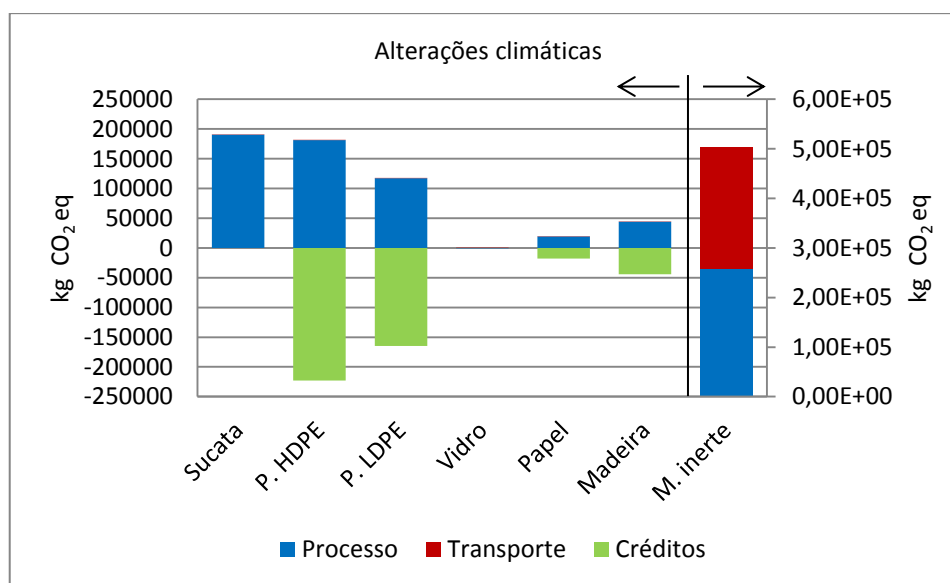


Figura 92 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Tal como nos casos anteriores constata-se para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97%. As emissões, no aterro de resíduo inerte devem-se ao processo indirecto, como por exemplo, utilização de equipamento.

Evidencia-se que para os resíduos inerte, sucata, plástico de alta densidade, plástico de baixa densidade, vidro, papel e madeira as seguintes emissões de CO<sub>2</sub>:

- 92% para a sucata que são originadas no processo de reciclagem;
- 83% para o resíduo plástico, resultantes da queima de combustíveis fósseis para a produção de energia consumida no processo (Swiss Agency, 1998);
- 98% para o resíduo vidro;



- 99% para o resíduo papel;
- 88% para o resíduo madeira.

O impacte total dos resíduos é para o plástico negativo (-41 kg CO<sub>2</sub> eq), para o vidro igualmente negativo (-356 kg CO<sub>2</sub> eq), para o papel é positivo (1290 kg CO<sub>2</sub> eq) e para a madeira é negativo (-95 kg CO<sub>2</sub> eq). Conclui-se que o tratamento de reciclagem para os resíduos plástico, vidro e madeira beneficiam o ambiente devido à redução de emissão de CO<sub>2</sub>.

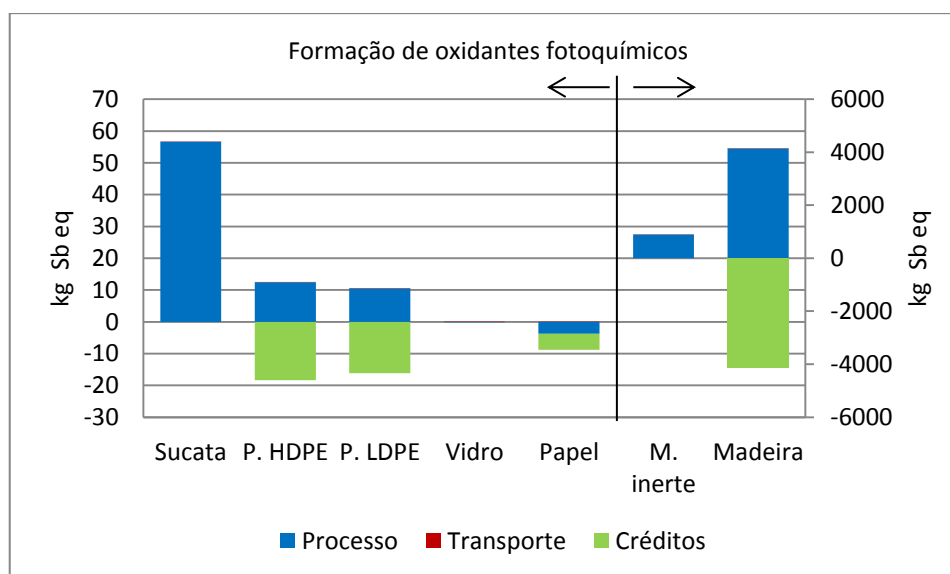


Figura 93 - Avaliação de impacte para a categoria de formação de oxidantes, em kg Sb eq

Observa-se para o resíduo inerte que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 93,5%. As emissões de CO com uma contribuição na ordem dos 3,5% e SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 3% não são significativas comparadas com as emissões do CH<sub>4</sub>. As emissões referidas são resultantes da queima de combustíveis fósseis.

Os resíduos sucata, plásticos, vidro e madeiras emitem as seguintes emissões de CO, que têm origem na queima de combustíveis fósseis:

- 68% para o resíduo sucata;
- 68% para os resíduos plásticos;
- 89% para o resíduo vidro;
- 81% para o resíduo madeira.

As emissões evitadas na realização de um produto de plástico com material reciclado são superiores às emissões emitidas pelo processo de realização de um produto plástico com material virgem. As emissões de SO<sub>2</sub> contribuem em 99% para esse benefício, que são originadas da queima de combustíveis fósseis.

O impacte total dos resíduos é para o plástico é negativo (-5,70 kg Sb eq), para o vidro é negativo (-0,03 kg Sb eq), para o papel é negativo (-8,83 kg Sb eq) e para a madeira é negativo (-0,47 kg Sb eq). Para todos os resíduos mencionados os créditos excedem o processo.

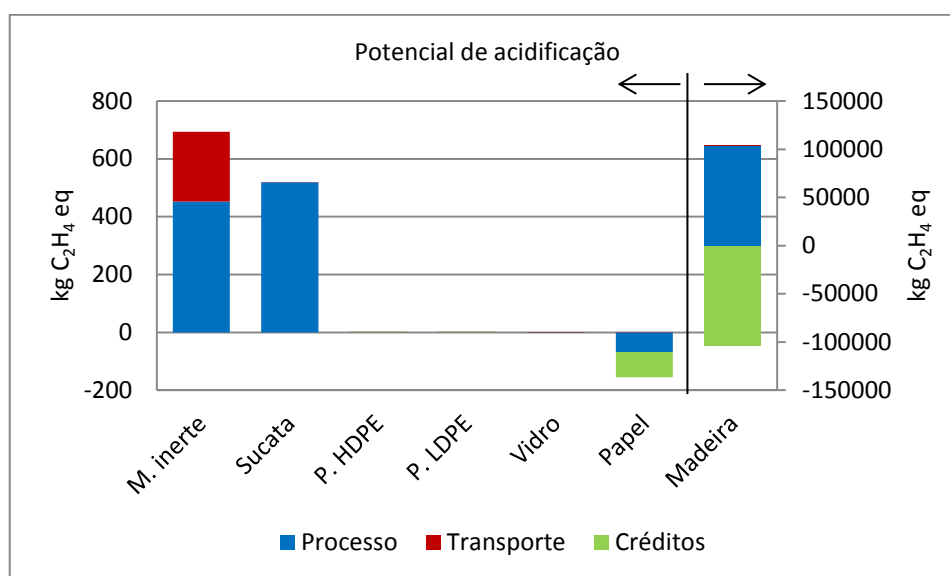


Figura 94 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Sobre o resíduo inerte podemos concluir que o processo de eliminação em aterro tem um peso significativo imputado à emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98% motivada pela utilização de equipamentos.

Para a sucata o processo tem um peso significativo, devido às emissões SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 73%.

As emissões de SO<sub>2</sub> associadas à reciclagem dos plásticos têm uma contribuição na ordem dos 51% devido às emissões de NH<sub>3</sub> na ordem de 47%. O impacte total deste resíduo é positivo para o plástico HDPE (0,003 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq) e negativo para o plástico LDPE (-0,069 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq). As emissões resultam principalmente do transporte.

Em relação ao resíduo madeira constata-se que o impacte total deste resíduo é positivo (3,68 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq), provocado pelas emissões de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%. As emissões NO<sub>x</sub> e NH<sub>3</sub> têm uma contribuição baixa no impacte total.

Para o resíduo papel os créditos excedem o processo devido à redução de emissões SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 99%. O impacte total deste resíduo é negativo (-155,3 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

Igualmente para o resíduo vidro os créditos excedem o processo devido à redução de emissões de NH<sub>3</sub> com uma contribuição na ordem dos 97%. O impacte total deste resíduo é negativo (-0,12 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

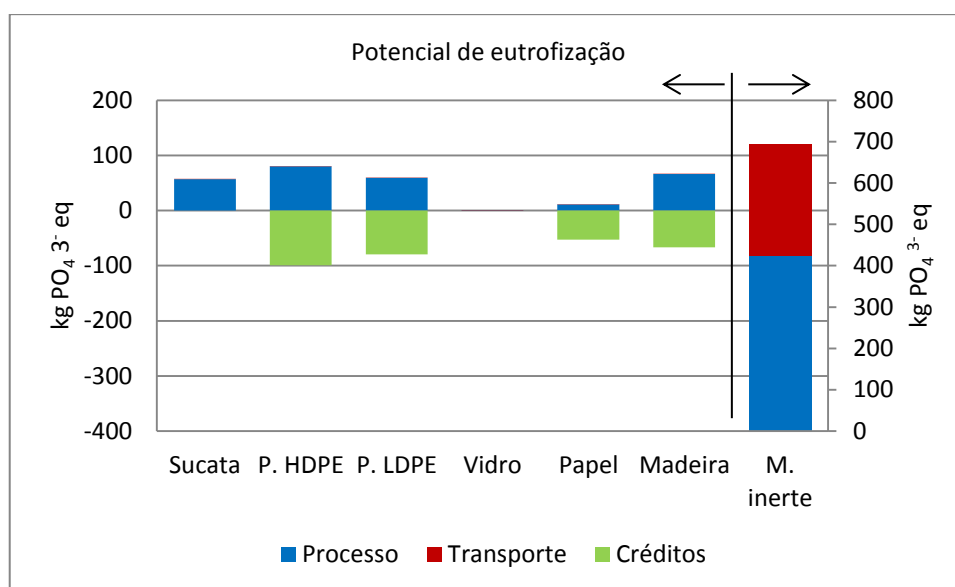


Figura 95 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

O processo de eliminação em aterro para o resíduo inerte tem um peso elevado influenciado pela emissão NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93%.

Para a sucata o processo tem um peso significativo, causado pelas emissões de No<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 64% e pelas emissões de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> com uma contribuição na ordem dos 20%.

No resíduo plástico o potencial de eutrofização evitado pela reciclagem, evidenciado no gráfico pelos créditos, excede o potencial de eutrofização do processo de reciclagem. Os créditos

permitem reduzir o potencial de eutrofização devido à redução da emissão de  $\text{NO}_x$  na ordem dos 94%. O impacte total deste resíduo é negativo (-19 kg  $\text{PO}_4^{3-}$  eq).

Para o resíduo de vidro sabe-se que o impacte total deste resíduo é positivo (0,16 kg  $\text{PO}_4^{3-}$  eq), tendo como causa emissões de  $\text{NO}_x$  com uma contribuição na ordem dos 83%.

O impacte total do resíduo papel é negativo (-41 kg  $\text{PO}_4^{3-}$  eq), tendo como causa as emissões de CQO com uma contribuição na ordem dos 88%.

O impacte total do resíduo madeira é positivo (0,1 kg  $\text{PO}_4^{3-}$  eq), tendo como origem as emissões de  $\text{PO}_4^{3-}$  com uma contribuição na ordem dos 54%. Estas emissões são oriundas do sub-processo de produção de energia necessária à reciclagem de madeira.

#### **5.6.3.2. Cenário de tratamento reciclagem**

Da Figura 96 à 100 apresenta-se, graficamente, os resultados do cálculo da avaliação de impacte por categorias para os resíduos inerte, sucata, plásticos de alta densidade, plásticos de baixa densidade, vidro, papel e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem. Os resultados do cálculo da avaliação de impacte para os resíduos sucata, plásticos alta densidade, plásticos baixa densidade, vidro, papel e madeira para o cenário de tratamento de reciclagem foram apresentados e discutidos no ponto anterior (5.6.3.1.).

À semelhança dos 1º e 2º casos este processo de reciclagem de resíduo inerte foi calculado a partir do processo execução de betão existente na base de dados, tendo sido introduzidas as alterações já mencionadas (5.6.1.2).

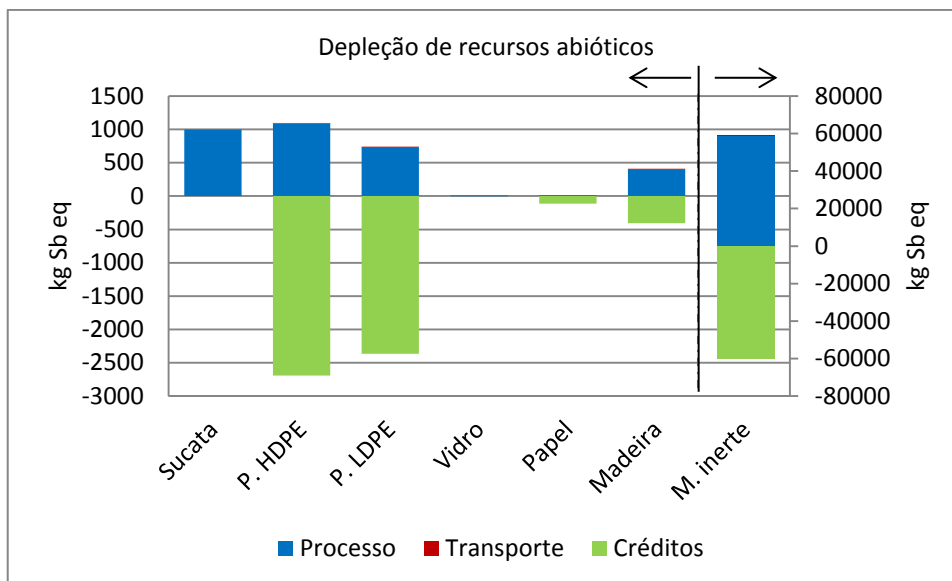


Figura 96 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

A depleção de recursos evitada pela reciclagem do resíduo inerte é evidenciada no gráfico pelos créditos, que superam a depleção de recursos do processo de reciclagem. Os créditos permitem reduzir os recursos abióticos. A depleção de reservas de petróleo tem um peso muito relevante nos créditos, da ordem dos 84%, para o resíduo inerte, provocada pelo consumo de gásóleo no equipamento. O impacto total deste resíduo é negativo (-731 kg Sb eq).

Tendo sido feita a comparação entre os três casos de estudo para o impacto total deste resíduo, constata-se que no 1º caso de estudo e no 2º caso de estudo o impacto é positivo, no entanto para o 3º caso de estudo é negativo. A causa deve-se ao valor da distância percorrida pelo resíduo entre a obra e o destino final. Para o 3º caso de estudo o impacto total passa a ser positivo a partir da distância de 40km.

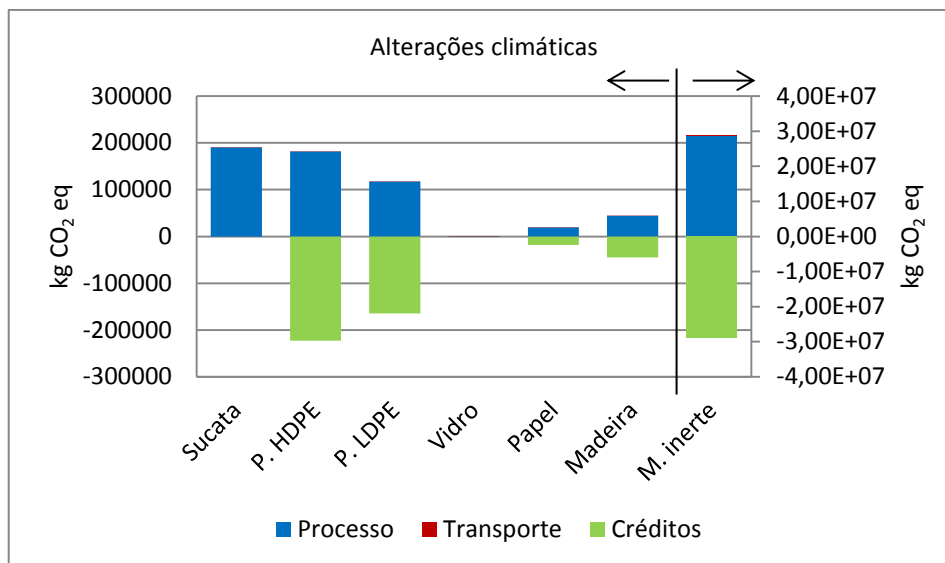


Figura 97 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Na reciclagem do resíduo inerte são significativas as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição total (processo, transporte e créditos) na ordem dos 97%. O impacto total deste resíduo é positivo (110734 kg CO<sub>2</sub> eq). As emissões resultam da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos.

Tendo sido feita a comparação entre os três casos de estudo para o impacto total deste resíduo, constata-se que nos três casos de estudo o impacto é positivo, causando prejuízos ambientais.

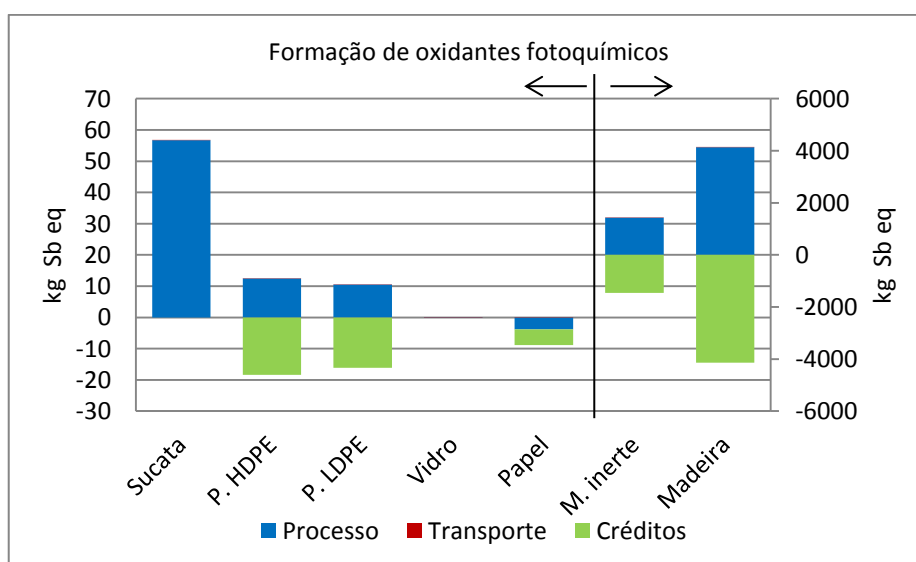


Figura 98 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Verifica-se que, para resíduo inerte o tratamento de reciclagem (processo, transporte e créditos) tem um peso na ordem dos 51% no total das emissões devido à emissão de  $N_2O$  e na ordem dos 47% devido à emissão de  $CH_4$ . As emissões são provenientes da queima de combustíveis fósseis. O impacto total do resíduo é negativo (-21,9 kg Sb eq).

Tendo sido feita a comparação entre os três casos de estudo para o impacto total deste resíduo, constata-se que nos três casos de estudo o impacto é negativo, havendo benefícios para o ambiente.

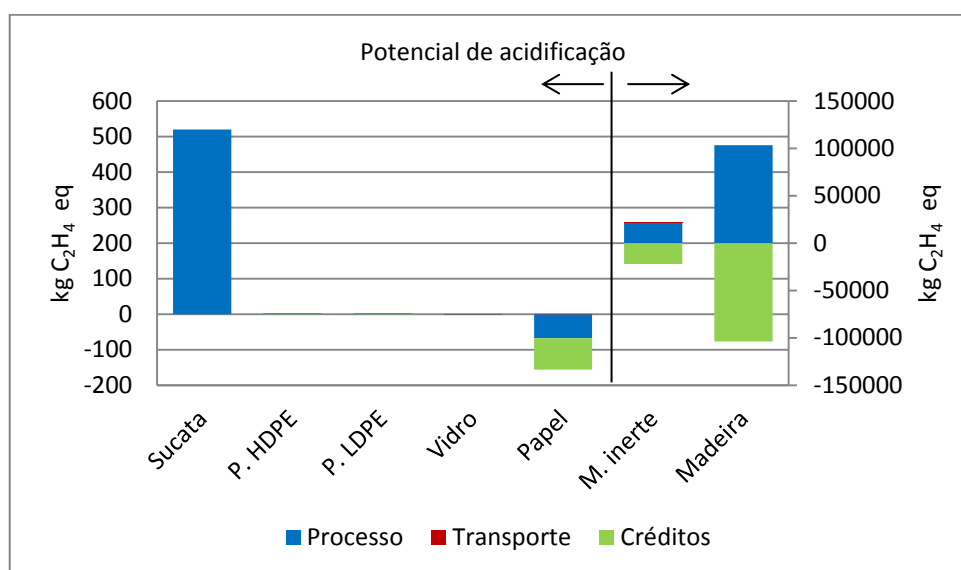


Figura 99 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Para o resíduo inerte as emissões de  $SO_2$  associadas à reciclagem são elevadas com uma contribuição total (processo, transporte e créditos) na ordem dos 99%. O impacto total deste resíduo é negativo (-261 kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq).

À semelhança da categoria anterior após realização da comparação entre os três casos de estudo para o impacto total deste resíduo, constata-se que nos três casos de estudo o impacto é negativo, havendo benefícios para o ambiente.

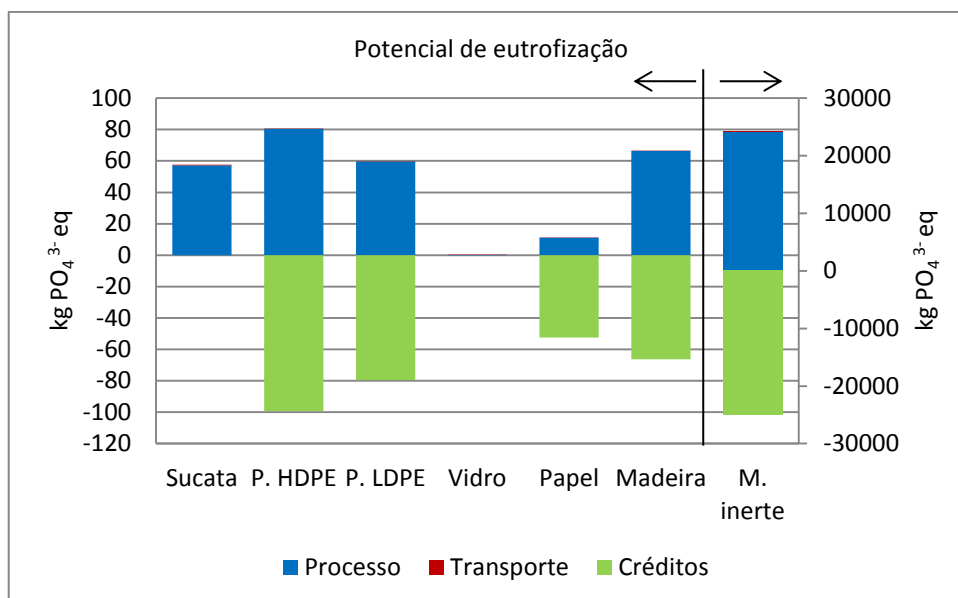


Figura 100 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Mostra-se, que para resíduo inerte, o tratamento de reciclagem (processo, transporte e créditos) tem um peso na ordem dos 62% no total das emissões devido à emissão de NO<sub>x</sub> e tem um peso na ordem dos 32% devido à emissão de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Estas emissões são causadas pelo sub-processo de produção de cimento necessário para o processo. O impacto total deste resíduo é negativo (-661 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq).

Tal como na categoria anterior após realização da comparação entre os três casos de estudo para o impacto total deste resíduo, constata-se que nos três casos de estudo o impacto é negativo, havendo benefícios para o ambiente.

### 5.6.3.3. Cenário de tratamento incineração

Da Figura 101 à 105 apresentam-se, graficamente, os resultados da avaliação de impactos por categorias para o cenário de tratamento de incineração dos resíduos produzidos, evidenciando a contribuição relativa do processo, dos transportes e dos créditos associados à incineração. Os resíduos gerados não tiveram este tratamento, mas a avaliação foi realizada para se poder fazer uma comparação entre cenários. Este processo conduz a um aproveitamento energético.



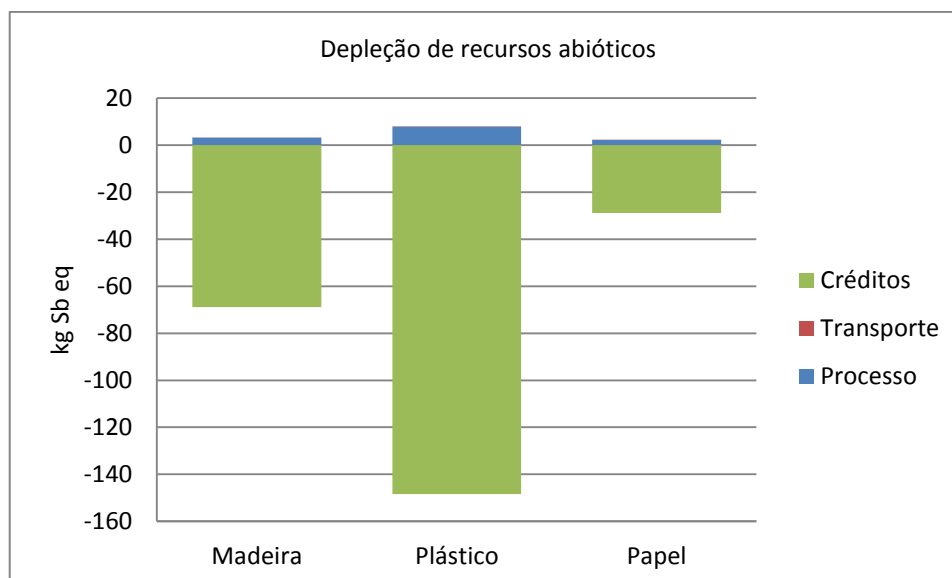


Figura 101 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Para todos os resíduos a depleção de recursos evitada pela incineração, evidenciada no gráfico pelos créditos, superam a depleção de recursos do processo de incineração. As emissões são causadas pelo funcionamento da incineradora.

À semelhança dos casos anteriores para o resíduo madeira a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 46% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 39% devido à depleção de reservas de gás natural.

Para o resíduo plástico a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 46% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 39% devido à depleção de reservas de gás natural.

Para o resíduo papel no processo de incineração a depleção de reservas de carvão hulha tem uma contribuição na ordem dos 48% no tratamento incineração (processo, transporte e créditos) e uma contribuição na ordem dos 39,5% devido à depleção de reservas de gás natural.

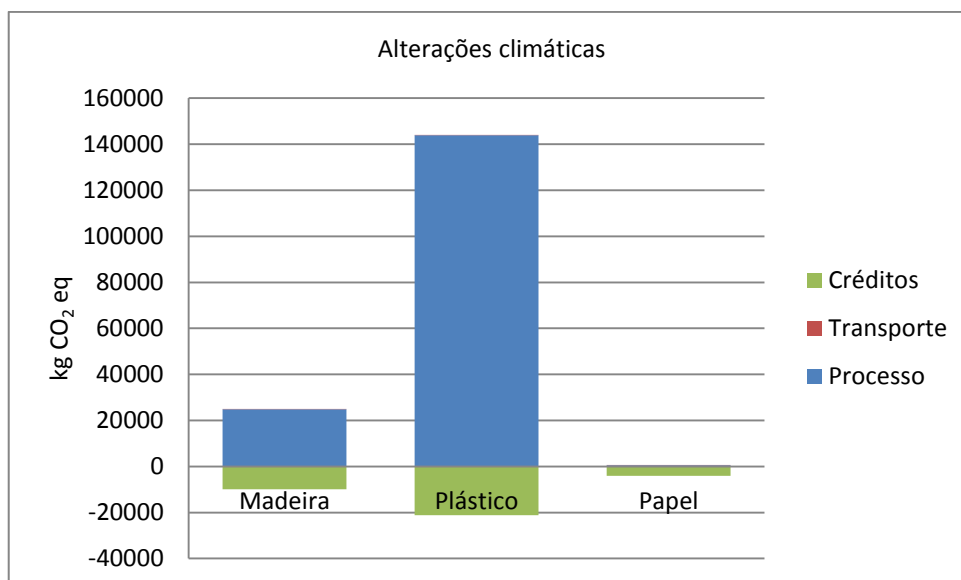


Figura 102 - Avaliação de impacto para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

O impacto total do resíduo madeira é positivo (15028 kg CO<sub>2</sub> eq) tendo como principal causa as emissões de CH<sub>4</sub> que contribuem na ordem dos 73% e as emissões de CO<sub>2</sub> na ordem dos 27%.

As emissões associadas ao tratamento de incineração (processo, transporte e créditos) do resíduo plástico são importantes causadas pelas emissões de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 46% e de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 54%.

Verifica-se que o impacto total do resíduo papel é negativo (-3647 kg CO<sub>2</sub> eq) tendo como causa principal a emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 3,8% e a emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 94,5%.

À semelhança da categoria anterior as emissões resultam da queima de combustíveis fósseis nos equipamentos.

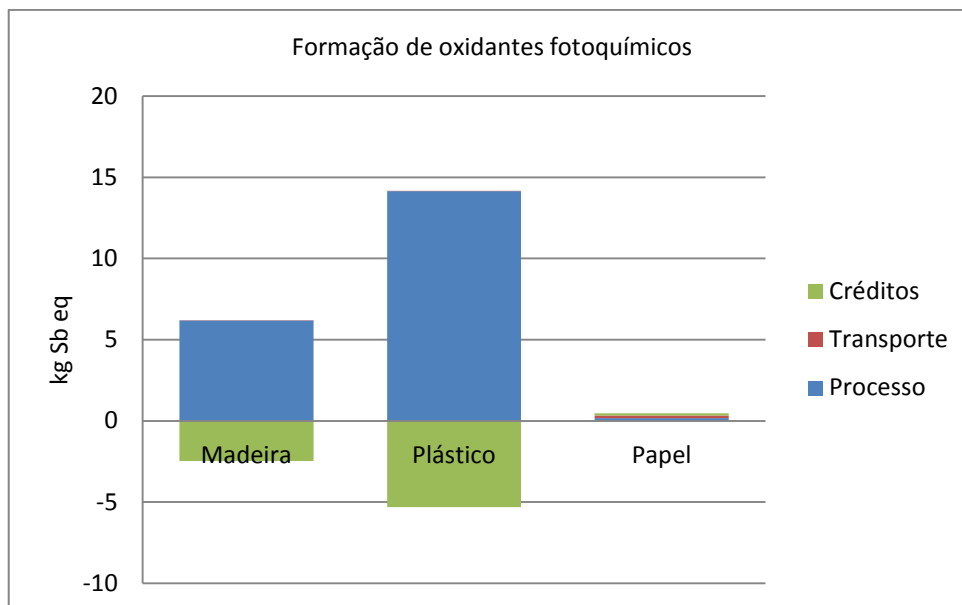


Figura 103 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

O processo de incineração tem um peso elevado influenciado pela emissão  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 69% e pela emissão de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 28% para o resíduo madeira.

Para o resíduo plástico o processo tem um peso decisivo devido às emissões de  $\text{CH}_4$  com uma contribuição na ordem dos 73% e às emissões de  $\text{SO}_2$  com uma contribuição na ordem dos 26%.

No caso do resíduo papel usado observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo (0,5 kg Sb eq) devido às emissões de  $\text{SO}_2$  na ordem dos 87%.

As emissões são oriundas da queima de combustíveis fósseis.

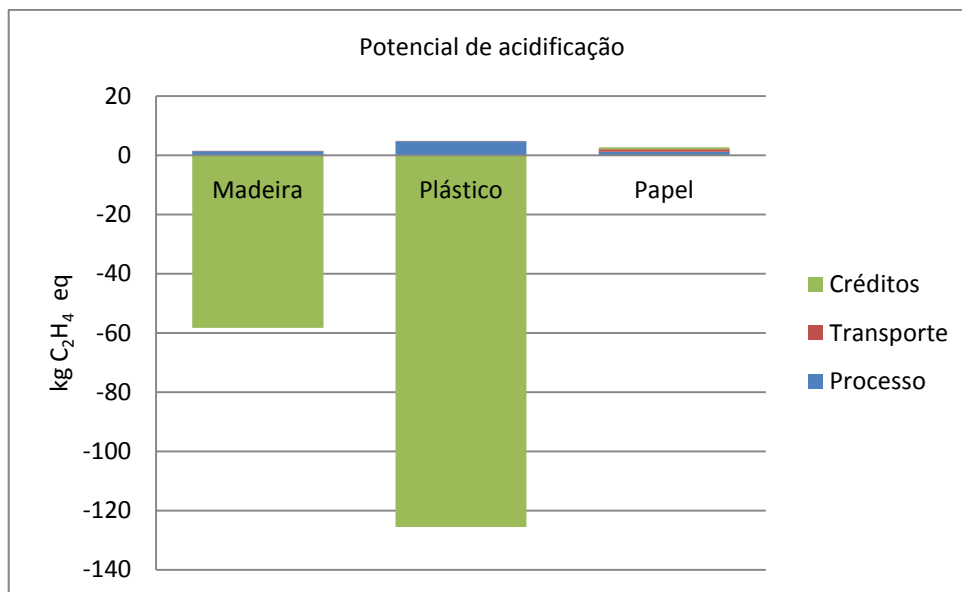


Figura 104 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Os créditos excedem o processo para os três resíduos representados, devido à redução de emissão SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 99%. O impacto total do resíduo papel é negativo (-23,2 kg Sb eq).

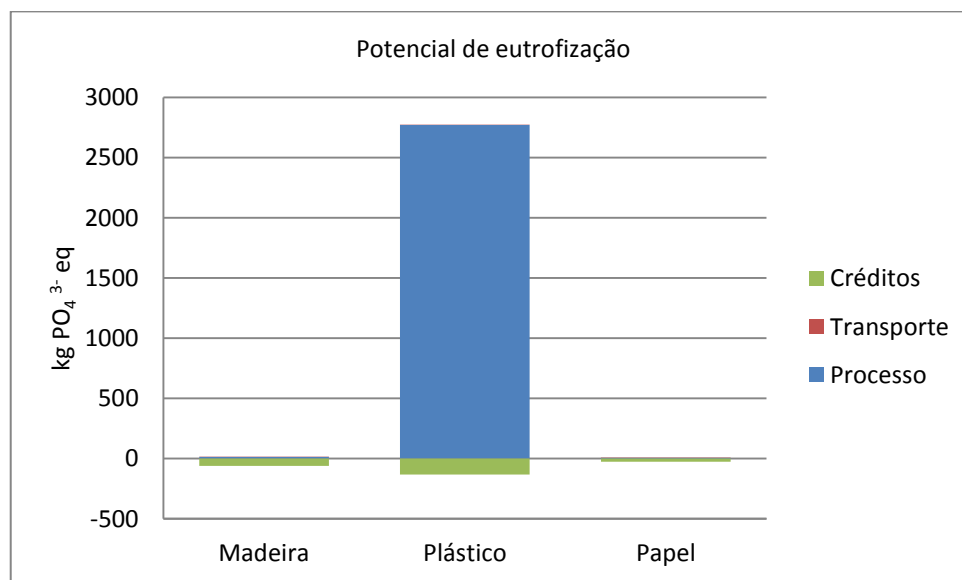


Figura 105 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Verifica-se que, para o resíduo madeira, a contribuição da emissão de CQO é na ordem dos 13% e devido à emissão de  $\text{PO}_4^{3-}$  é na ordem dos 76%. O impacto total deste resíduo é negativo (-47,5 kg Sb eq).

Para o resíduo de plástico consta-se que o tratamento de incineração tem um peso significativo devido às emissões de  $\text{NO}_x$  com uma contribuição na ordem dos 95%, provenientes da utilização de combustíveis fósseis.

Para o resíduo de papel verifica-se que a contribuição evitada pelas emissões de CQO é na ordem dos 13% e pela emissão de  $\text{PO}_4^{3-}$  na ordem dos 76%. O impacto total deste resíduo é negativo (-19,8 kg Sb eq).

#### 5.6.3.4. Cenário de tratamento aterro

Da Figura 106 à 110 apresentam-se, graficamente, os resultados da avaliação por impactes por categorias para cenário de processo de eliminação em aterro dos resíduos produzidos evidenciando a contribuição relativa do processo, do transporte e dos créditos associados ao aterro. Os resultados do cálculo da avaliação de impacto para o resíduo inerte para o cenário de eliminação em aterro foram apresentados e discutidos no ponto 5. 6.3.1.

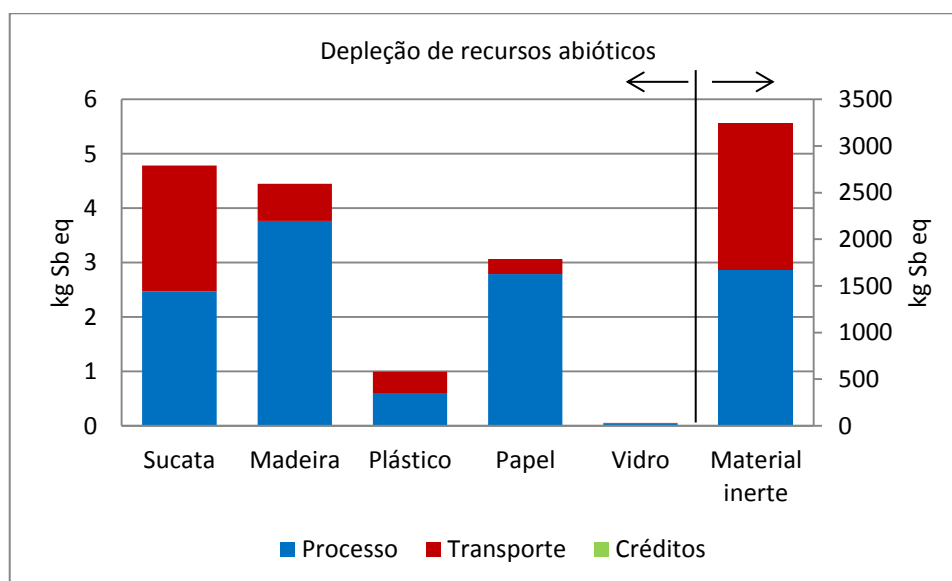


Figura 106 - Avaliação de impacto para a categoria de depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Realça-se para a sucata, o processo de eliminação em aterro tem um peso alto devido à depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% vindas do consumo de gásóleo no equipamento.

O resíduo madeira no processo de eliminação em aterro tem um peso na ordem dos 37%, devido à depleção de reservas de gás natural. Este resíduo tem, ainda, uma contribuição devido à depleção de reservas de petróleo na ordem dos 46%.

Para o resíduo plástico, o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado devido à depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 94% tendo como origem o consumo de gásóleo no equipamento.

Para o resíduo papel, o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado devido à depleção das reservas de petróleo com uma contribuição na ordem dos 78%, causadas pelo consumo de gásóleo no equipamento.

Para os resíduos material inerte e sucata o transporte contribui em 48% do total do impacte. No caso do resíduo plástico esse valor é de 40%.

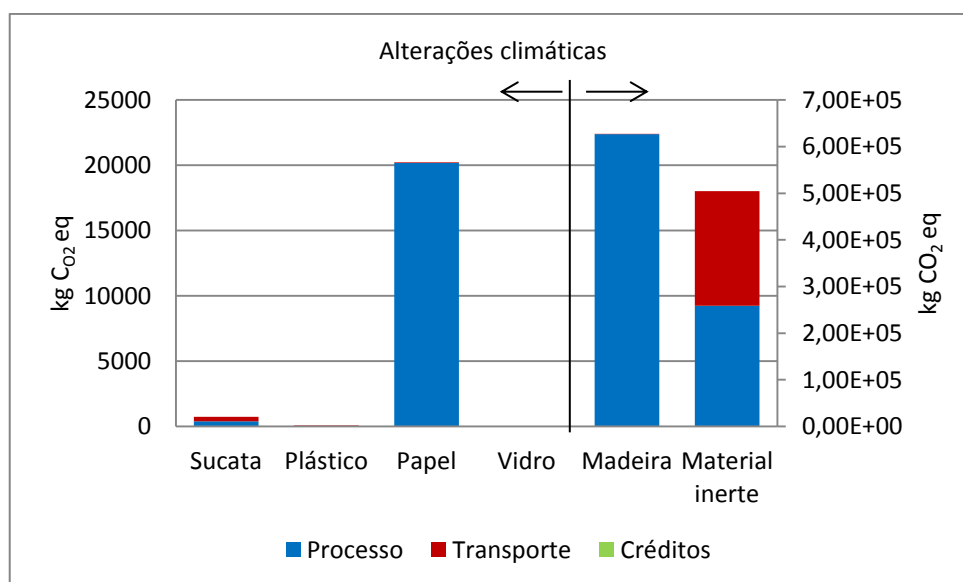


Figura 107 - Avaliação de impacte para a categoria de alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

As emissões no aterro de sucata devem-se à utilização de equipamento, por isso constata-se que o processo de eliminação em aterro tem um peso elevado, devido à emissão de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97%.

Para o resíduo madeira o processo tem um peso elevado devido às emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 85%.

Observa-se que o impacto total do resíduo plástico é positivo, tendo como origem principal as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 93%, causadas pelo transporte.

No caso do resíduo de papel observa-se que o impacto total deste resíduo é positivo, tendo como origem principal as emissões de CO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98%.

Para os resíduos material inerte e sucata o transporte contribui em 48% do total do impacto. No caso do resíduo plástico esse valor é de 96%.

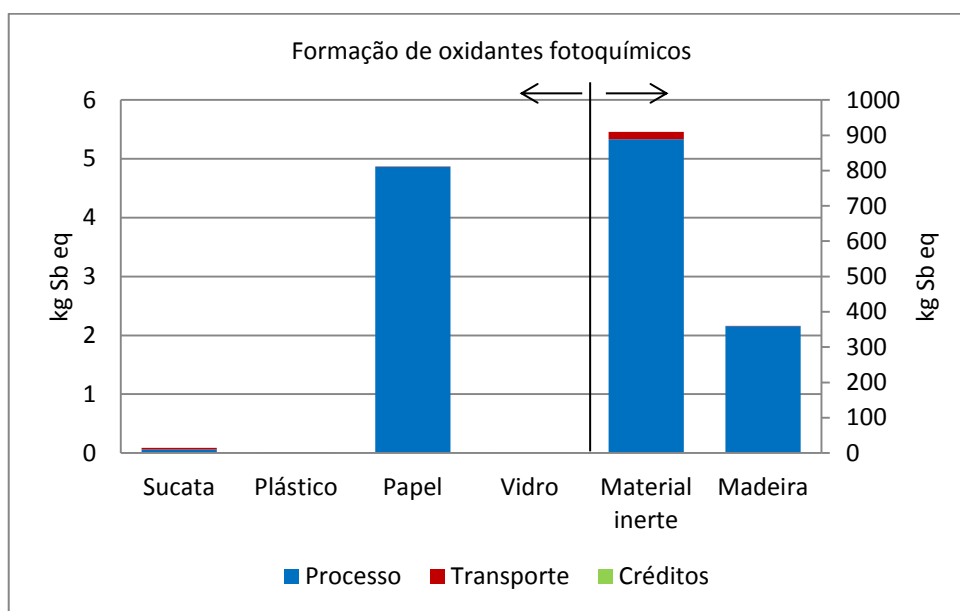


Figura 108 - Avaliação de impacto para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos, em kg Sb eq

Mostra-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% para o resíduo de sucata;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 44% para o resíduo de sucata;

- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 89% para o resíduo de madeira;
- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 52% para o resíduo de plástico;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 44% para o resíduo de plástico;
- emissão de CO com uma contribuição na ordem dos 49% para o resíduo de vidro;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 41% para o resíduo de vidro;
- emissão de CH<sub>4</sub> com uma contribuição na ordem dos 98% para o resíduo de papel.

Tal como no 1º caso de estudo e 2º caso de estudo confirmam-se os resultados acima apresentados. Para os resíduos material inerte e sucata o transporte contribui em 34% do total do impacte. No caso do resíduo plástico esse valor é de 28%.

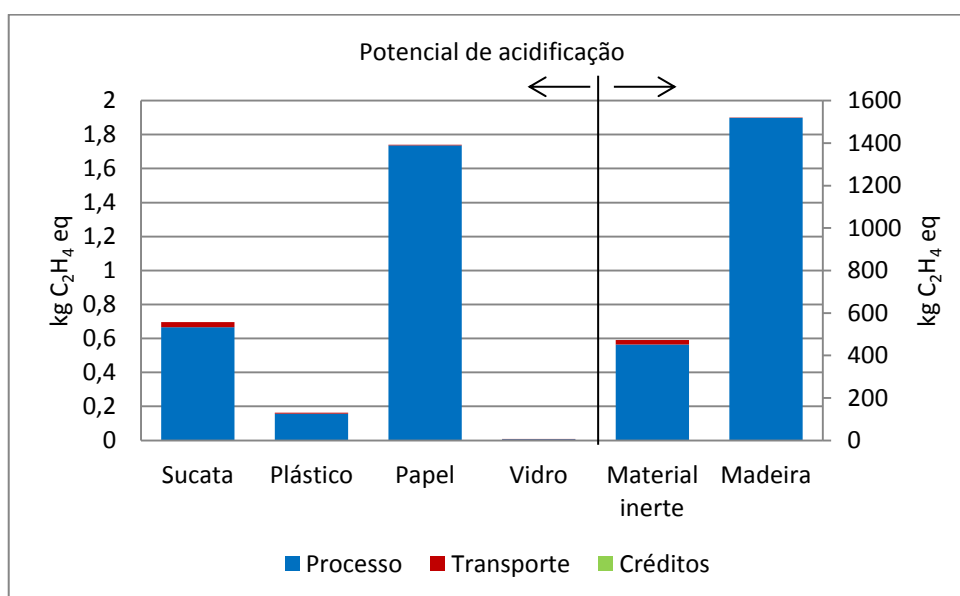


Figura 109 - Avaliação de impacte para a categoria de potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Realça-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 98% para o resíduo de sucata;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 42% para o resíduo de madeira;
- emissão de NH<sub>3</sub> com uma contribuição na ordem dos 42% para o resíduo de madeira;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97% para o resíduo de plástico;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 97% para o resíduo de vidro;
- emissão de SO<sub>2</sub> com uma contribuição na ordem dos 91% para o resíduo de papel.



Tal como no 1º caso de estudo e 2º caso de estudo confirmam-se os resultados acima apresentados.

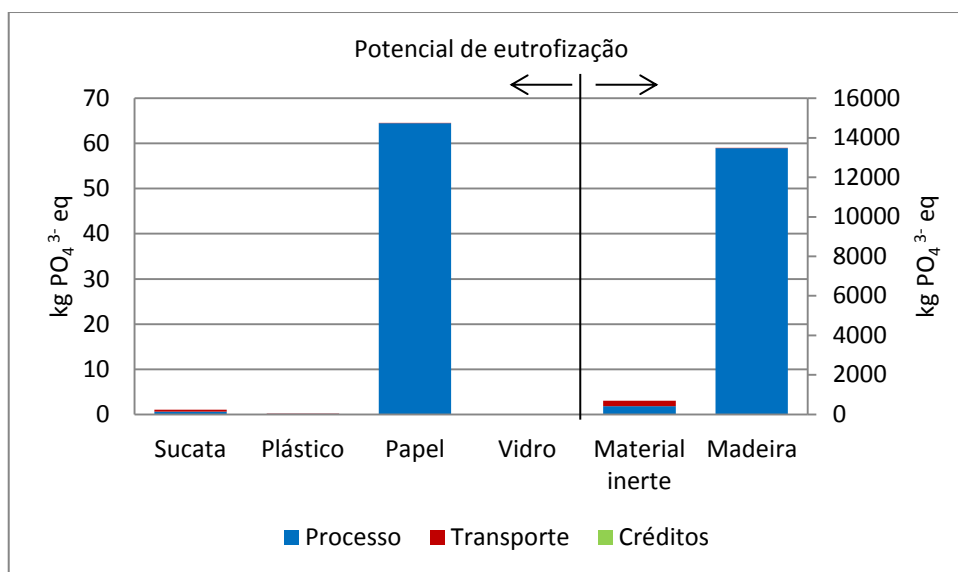


Figura 110 - Avaliação de impacto para a categoria de potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Observa-se que para os resíduos sucata, madeira, plástico e vidro o processo tem um peso elevado devido às seguintes contribuições:

- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93% para o resíduo de sucata;
- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 93% para o resíduo de plástico;
- emissão de NO<sub>x</sub> com uma contribuição na ordem dos 90% para o resíduo de vidro;
- emissão de CQO com uma contribuição na ordem dos 75% para o resíduo de madeira;
- emissão de CQO com uma contribuição na ordem dos 55% para o resíduo de papel.

Tal como no 1º caso de estudo e 2º caso de estudo confirmam-se os resultados acima apresentados. As emissões de NO<sub>x</sub> são resultantes da utilização de combustíveis fósseis.

### 5.6.3.5. Comparação de cenários

Após o cálculo da avaliação do impacto da gestão de resíduos para o 3º caso de estudo para vários cenários de tratamento foi realizada uma comparação entre os cenários de aterro, reciclagem e de incineração para identificar o melhor e o pior cenário de tratamento de resíduos.

As Figuras 111 a 115 apresentam a comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para as categorias de depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. Para facilitar a comparação de cenários foi considerado na apresentação gráfica o valor absoluto mais elevado para cada resíduo e que corresponde a 100%. Os restantes valores dos diferentes cenários são relativos a este valor.

No gráfico no cenário de reciclagem considerou-se em vez dos dois tipos de plástico (plástico HDPE e plástico LDPE) apenas um (plástico HDPE), porque se verificou que os resultados são semelhantes.

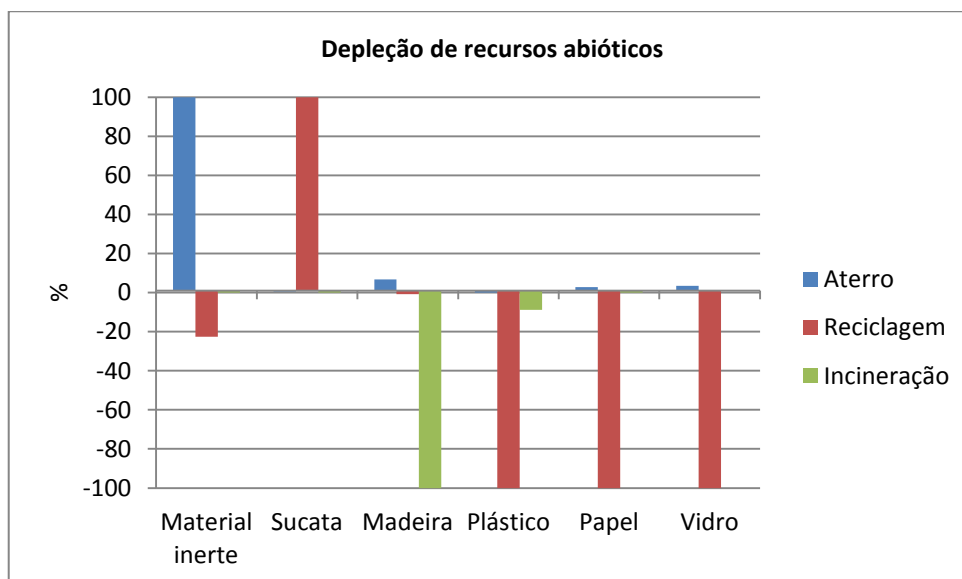


Figura 111 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de depleção de recursos abióticos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

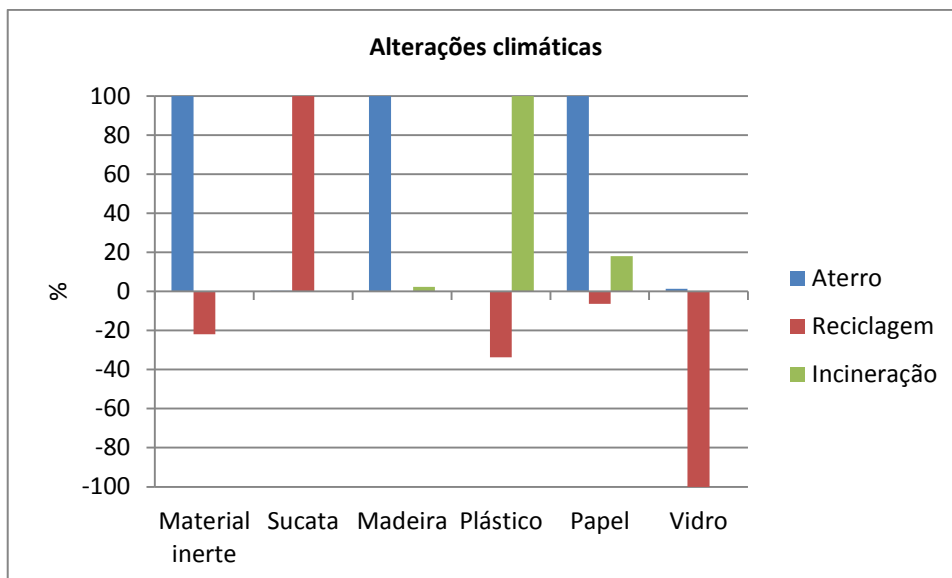


Figura 112 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de alterações climáticas cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

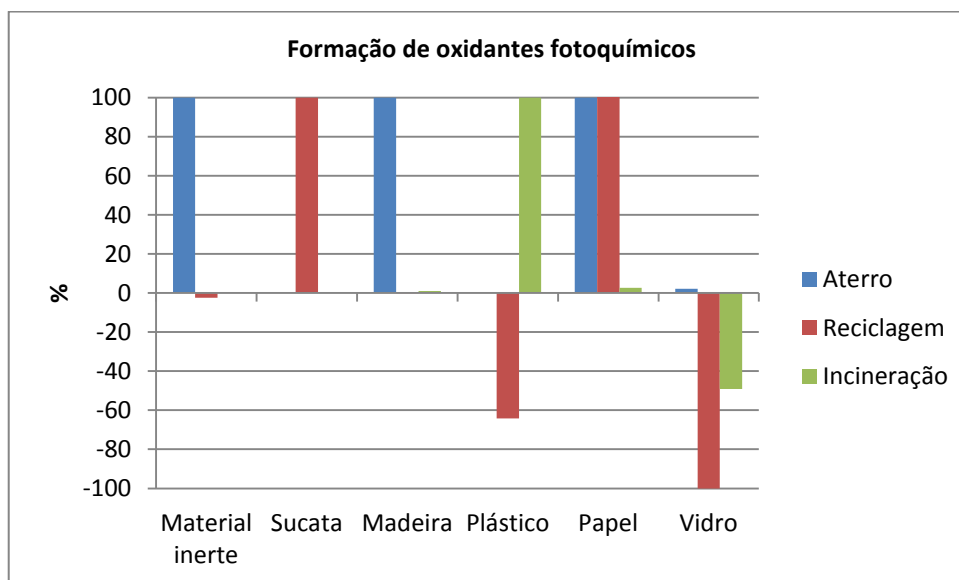


Figura 113 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

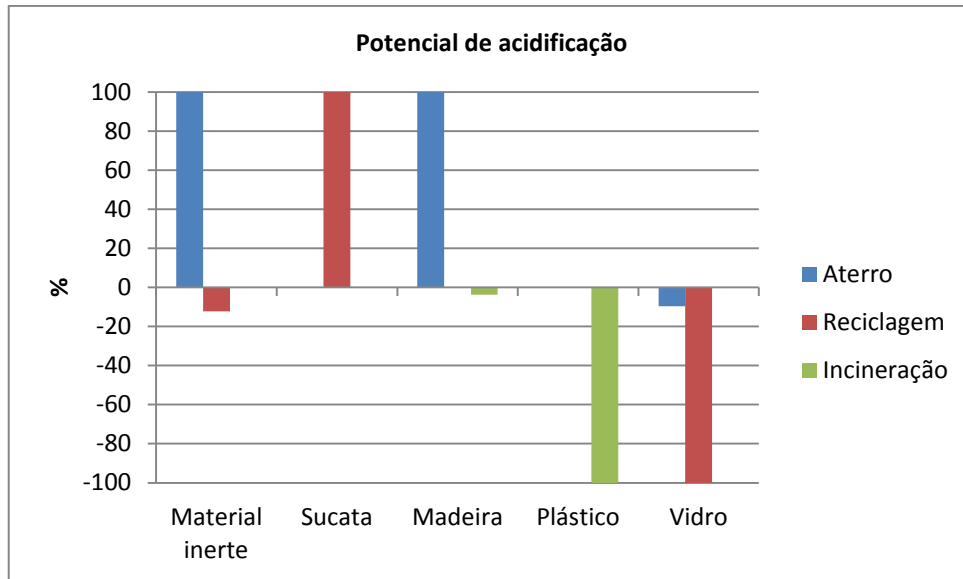


Figura 114 – Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de acidificação cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

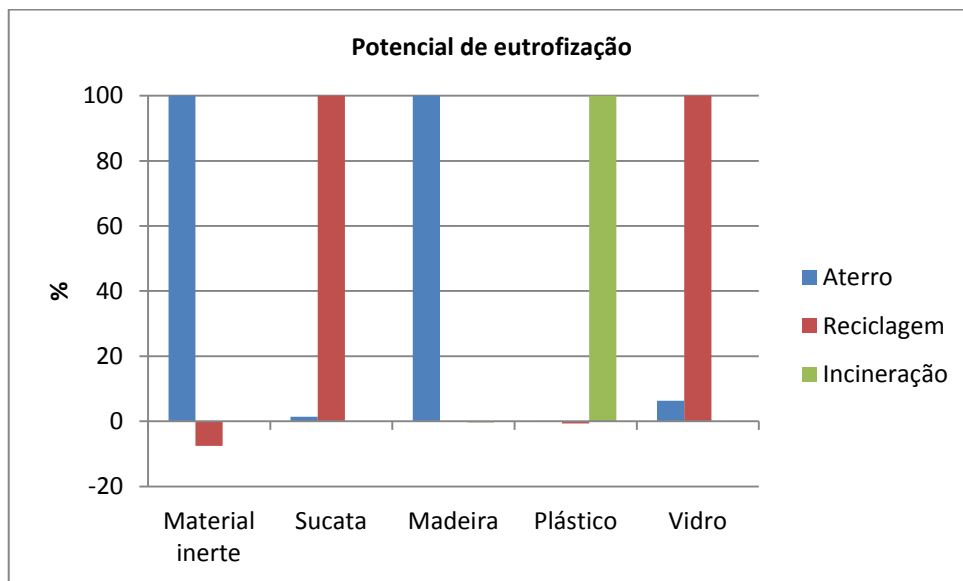


Figura 115 - Comparação entre os cenários aterro, reciclagem e incineração para a categoria de potencial de eutrofização cujo valor absoluto mais elevado é 100%, em %

Verifica-se que para o resíduo inerte o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem;

Verifica-se que para o resíduo sucata o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de reciclagem, no entanto o cenário mais favorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro. No entanto, esta análise deve ser cautelosa porque os dados utilizados no processo de reciclagem foram fornecidos pela Wordsteel e quando comparados com os dados fornecidos pela base de dados Ecoinvent podem induzir a conclusões diferentes, porque as bases de dados têm metodologias de cálculo diferenciadas.

Constata-se que para o resíduo madeira:

- o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais favorável nas categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração e nas categorias alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é o correspondente ao processo de reciclagem.

Mostra-se que para o resíduo plástico:

- o cenário mais desfavorável na categoria depleção de recursos abióticos e potencial de acidificação é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais desfavorável na categoria alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de incineração;
- o cenário mais favorável na categoria depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de reciclagem;
- o cenário mais desfavorável na categoria potencial de acidificação é o correspondente ao processo de incineração.

Realça-se que para o resíduo papel:

- o cenário mais desfavorável nas cinco categorias é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais favorável na categoria alterações climáticas é o correspondente ao processo de incineração;

- o cenário mais favorável nas categorias depleção de recursos abióticos, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação e potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de reciclagem.

Realça-se que para o resíduo vidro:

- o cenário mais desfavorável na categoria depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais desfavorável na categoria potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de eliminação em aterro;
- o cenário mais favorável na categoria depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação é o correspondente ao processo de reciclagem;
- o cenário mais favorável na categoria potencial de eutrofização é o correspondente ao processo de eliminação em aterro.

Björklund e Finnveden (2005) referem que a produção de materiais a partir de recursos reciclados (papel, vidro, plásticos, metais) provoca um impacto menor no aquecimento global do que a produção a partir de recursos virgens. O resultado deste estudo posiciona-se no mesmo sentido dos resultados obtidos neste trabalho.

As Tabelas 32 a 36 apresentam os resultados dos cálculos para hipotéticos cenários por categorias dos resíduos produzidos evidenciando os danos (+) e vantagens (-) para o ambiente.

Tabela 32 – Cálculo de cenários para a categoria depleção de recursos abióticos, em kg Sb eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+3978	-989	+5,3	+1603	+113	+1,4
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+65	-1161	-84	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-70	-141	-30	---

Tabela 33 – Cálculo de cenários para a categoria alterações climáticas, em kg CO<sub>2</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+4,15*10 <sup>6</sup>	-1,90*10 <sup>5</sup>	+6,27*10 <sup>5</sup>	+4,15*10 <sup>4</sup>	+1,89*10 <sup>4</sup>	+360
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-1,51*10 <sup>4</sup>	-1,64*10 <sup>5</sup>	+4938	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-6,12*10 <sup>5</sup>	+1,23*10 <sup>5</sup>	-2,39*10 <sup>4</sup>	---

Tabela 34 – Cálculo de cenários para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, em kg CO<sub>2</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+932	-57	+360	+5,68	+14	+0,03
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	-418	-14	-8,69	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-356	+8,8	-4,99	---

Tabela 35 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de acidificação, em kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+734	-519	+1515	+0,16	+157	+0,12
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+60	+120	-152	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-1576	-121	-4,65	---

Tabela 36 – Cálculo de cenários para a categoria potencial de eutrofização, em kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Cenários	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem	+1355	-57	+1,35*10 <sup>4</sup>	+19	+106	-0,15
Cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa incineração	---	---	+48	-2657	-38	---
Cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro	---	---	-1,35*10 <sup>4</sup>	+2638	-68	---

Mostra-se que para o cálculo do cenário eliminação em aterro em relação à alternativa reciclagem para as categorias depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação, a eliminação em aterro é desfavorável para todos os resíduos produzidos excepto o resíduo de sucata. Conclui-se que para esse resíduo, o tratamento reciclagem em alternativa eliminação em aterro reduz as reservas de recursos e as emissões.

Verifica-se para o cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro, para as categorias depleção de recursos abióticos, potencial de acidificação, o tratamento incineração é favorável para os resíduos madeira, plástico e papel. Para o cálculo do cenário incineração em relação à alternativa eliminação em aterro para a categoria formação de oxidantes fotoquímicos, é favorável para os resíduos madeira e papel.

Para o cálculo do cenário reciclagem em relação à alternativa à incineração para a categoria alterações climáticas e formação de oxidantes fotoquímicos é favorável para os resíduos madeira e plástico. No entanto para a categoria de potencial de acidificação agrava as emissões.

Para este caso de estudo verifica-se as mesmas conclusões apontadas nos 1º caso de estudo e 2º caso de estudo que se encontram apresentadas no ponto 5.6.1.5 e ponto 5.6.2.5 respectivamente.



#### 5.6.4. Comparação dos casos de estudo

Procedeu-se à comparação dos três casos de estudo das emissões totais geradas para todas as categorias. Na Tabela 37 apresentam-se os resultados das emissões totais produzidos nos três casos.

Tabela 37 – Emissões totais

Categorias	1º caso de estudo	2º caso de estudo	3º caso de estudo
Depleção de recursos abióticos (kg Sb eq)	3.665,1710	439,5738	2.641,4908
Alterações climáticas (kg CO <sub>2</sub> eq)	1.105.627,5223	86.088,6645	654.296,0219
Formação de oxidantes fotoquímicos (kg Sb eq)	199,5269	22,5852	108,4233
Potencial de acidificação (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	2.015,1612	236,0712	928,9346
Potencial de eutrofização (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	1.371,7548	39,7407	691,7975

Constata-se que em nenhum dos três casos de estudo com o tratamento dos resíduos utilizados existem benefícios para o ambiente. A produção de novos materiais com incorporação de resíduos não é suficiente para anular e ultrapassar os processos de tratamentos utilizados para as três obras.

Constata-se que para o 1º caso de estudo para qualquer uma das categorias as emissões totais são as mais elevadas. Reconhece-se que para o 2º caso de estudo para qualquer das categorias as emissões totais são as menores. Assim, mostra-se que na obra estudada no 1º caso as emissões totais são superiores, porque a quantidade de resíduo gerado é igualmente superior como indicado na Tabela 7. Para o 2º caso de estudo as quantidades de resíduo gerado é inferior às das outras obras e conduz a uma emissão total de impacte menor. Esta diferença nas quantidades de resíduo geradas entre os dois casos de estudo é derivada à particularidade das obras. Em cada estaleiro de obra são montadas estruturas de apoio provisórias necessárias à sua construção que estão limitadas ao espaço existente. No caso da obra localizada em Mira foi possível montar uma central de betão, um estaleiro social e uma fábrica de execução de tubos de betão. Estas estruturas eram necessárias devido à especificidade de obra. A quantidade de resíduo de inerte gerada foi superior à quantidade gerada nos restantes casos devido à necessidade de demolir as estruturas provisórias acima referidas, bem como a necessidade de demolir parcialmente as paredes moldadas dos poços realizados para execução de uma viga de coroamento. Tanto no 2º caso de estudo e no 3º caso de estudo os estaleiros de apoio à obra

eram constituídos por contentores metálicos que no final foram devolvidos ao fornecedor para ser reutilizados noutras obras.

Como referido anteriormente, o impacte total da obra de Mira é o mais gravoso, porque a quantidade de resíduo inerte gerada e enviada para eliminação em aterro foi elevada. Para tornar o impacte total menos gravoso seria necessário reduzir as quantidades de resíduo inerte enviadas para eliminação em aterro. Para tal deveriam ser utilizadas estruturas provisórias que fossem após desmontagem reutilizadas noutras obras, deveriam ser, ainda, utilizados métodos de construção que evitassem a necessidade de demolição. Para além da redução de resíduo gerado idealmente o resíduo inerte deveria ser reciclado de imediato na obra.

Neste estudo foi realizada, ainda, uma avaliação de impacte da distância para o processo de aterro considerando a distância ao aterro de 50km e uma avaliação de impacte considerando a distância ao aterro de 100km, para analisar a influência do transporte nos resultados.

Sabe-se que para a avaliação de impacte considerando a distância ao aterro de 50km:

- para a categoria de depleção de recursos abióticos e em relação ao resíduo inerte, sucata e plástico que o processo e o transporte têm uma contribuição dividida;
- para a categoria de alterações climáticas para o resíduo sucata, o processo e o transporte têm, igualmente, uma contribuição dividida, mas para o resíduo plástico a contribuição do transporte é 99%.
- para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos para os resíduos de sucata e plástico que o transporte tem uma contribuição mais elevada do que o processo;
- para a categoria eutrofização a contribuição do processo é da ordem dos 60% e do transporte da ordem dos 40% para os resíduos inertes/ resíduos de demolição, sucata e plástico. Especificamente para 2º caso de estudo para o resíduo vidro a contribuição do processo é da ordem dos 80% e do transporte da ordem dos 20%.

Sabe-se para a avaliação de impacte considerando a distância ao aterro de 100km:

- para a categoria de depleção de recursos abióticos para o resíduo inerte, sucata e plástico que a contribuição do processo é da ordem dos 30% e do transporte da ordem dos 70%. Especificamente, para 2º caso de estudo para o resíduo vidro a contribuição do processo é da ordem dos 20% e do transporte da ordem dos 80%;

- para a categoria de alterações climáticas para o resíduo sucata a contribuição do processo é da ordem dos 30% e do transporte da ordem dos 70%. Para o resíduo plástico, referir-se, ainda que, a contribuição do transporte é 99%. Especificamente para 2º caso de estudo para o resíduo vidro a contribuição do processo é da ordem dos 60% e do transporte da ordem dos 40%;
- para a categoria de formação de oxidantes fotoquímicos para os resíduos de sucata e plástico a contribuição do processo é da ordem dos 50% e do transporte da ordem dos 50%. Especificamente para 2º caso de estudo para o resíduo vidro a contribuição do processo é da ordem dos 70% e do transporte da ordem dos 30%.
- para a categoria eutrofização a contribuição do processo é da ordem dos 60% e do transporte da ordem dos 40% para o resíduo inerte, sucata e plástico.

Verifica-se que a opção de tratamento aterro deve estar localizada a distâncias inferiores a 50km da obra, porque a influência do transporte na avaliação do impacte aumenta significativamente com a distância. A solução ideal seria no caso do resíduo inerte ser reciclado em obra.

O cálculo da influência do transporte para as situações de reciclagem e incineração para as distâncias superiores a 210km para a reciclagem e de 110km para a incineração não influencia significativamente o impacte total, como demonstrado no 1º caso de estudo.



## 6. Conclusões

Neste estudo, foi utilizada a ACV para avaliar os impactos ambientais de três casos de estudo para diferentes cenários de tratamento de resíduos: deposição em aterro, reciclagem e incineração. Foram estudadas diferentes categorias de impactes ambientais como depleção de recursos abióticos, alterações climáticas, formação de oxidantes fotoquímicos, potencial de acidificação, potencial de eutrofização aplicadas a diferentes grupos de resíduos, a saber, resíduo inerte, sucata, madeira, plásticos, óleo usado, vidro e papel.

Após o cálculo da avaliação do impacte da gestão dos resíduos para as obras de Mira, de Coimbra e de Gondomar, verificou-se que para a obra de Mira para qualquer categoria estudada as emissões totais eram as mais gravosas para o ambiente. No entanto, confirmou-se que para a obra de Coimbra para qualquer categoria estudada as emissões totais eram menos gravosas para o ambiente. Mostrou-se que em nenhum dos três casos de estudo com o tratamento dos resíduos utilizados existiu benefícios para o ambiente. A realização de novos materiais com incorporação de resíduos não foi suficiente para anular e ultrapassar os processos de tratamento utilizados. Para as três obras estudadas neste trabalho mostrou-se que o cálculo do cenário eliminação em aterro dos resíduos, em relação às alternativas reciclagem, é desfavorável para o resíduo inerte. O impacte avaliado para este resíduo tem uma contribuição significativa no valor das emissões totais, dado este resíduo ser gerado em quantidades elevadas comparativamente com os restantes resíduos. Assim sendo, deve ser sempre que possível evitada a deposição em aterro deste resíduo, devido às enormes quantidades geradas em obra e aos enormes volumes que ocupam nos aterros. Verificou-se que para os resíduos madeira, óleo usado, plástico e papel a incineração conduziu a benefícios para o ambiente. Confirmou-se que para o resíduo vidro a reciclagem conduziu a benefícios para o ambiente. De acordo com a base de dados consultada, a realização de um novo produto utilizando 85% de sucata não conduziu a benefícios para o ambiente.

Idealmente para considerar o impacte total de uma obra menos gravoso deveriam ser utilizadas estratégias de diminuição da quantidade de resíduo inerte a produzir e por consequência a enviar para eliminação em aterro. Para atingir este fim é urgente identificar as causas do aparecimento de resíduos na construção e é de grande importância, identificar os processos de construção que os minimizem sendo esta solução a mais favorável e adequada à resolução do problema dos resíduos gerados. Como já referido, para tal deveriam ser utilizadas estruturas provisórias que fossem após desmontagem reutilizadas noutras obras, deveriam,

ainda, ser, utilizados métodos de construção que evitassem a necessidade de demolição. Este raciocínio de redução da quantidade de resíduo inerte é também aplicável aos restantes resíduos obtidos em obra.

Quando há produção será de evitar o envio do resíduo inerte para deposição em aterro. Desta forma o resíduo deve ser reciclado de imediato na obra. Apresenta-se como boas práticas a trituração do resíduo inerte em obra e a sua transformação em agregado que é de imediato utilizado o que ainda está pouco implementado. A reutilização em obra é a opção mais desejável em comparação com a reciclagem, porque o material recuperado sofre um tipo de processamento reduzido, bem como o transporte é restringido ao contrário da reciclagem, em que o material usado é reprocessado para a produção de um novo produto similar ou diferente e é transportado para a unidade de reprocessamento.

Actualmente, são as Especificações Técnicas do LNEC que regem a aplicação de agregados reciclados em Portugal, sendo inclusivamente referido na legislação para RCD, que a utilização de RCD em obra deve ser feita em conformidade com elas. A sua criação veio definir os requisitos exigidos para a aplicação de agregados reciclados na construção, contribuindo assim para que estes fossem utilizados na produção de novos materiais e, para que os materiais produzidos a partir de agregados reciclados apresentem boa qualidade. Pretende-se que haja uma diminuição da quantidade de RCD depositados em aterro e uma redução da extracção de agregados naturais e respectivos impactes ambientais. Mas atingir em obra os requisitos exigidos é difícil. Ressalta-se que a reutilização em obra deve cumprir o disposto no Caderno de Encargos e as normas LNEC, mas estas exigências nem sempre são economicamente viáveis em obras de menor dimensão, pois o aluguer do equipamento portátil para cumprir tais exigências é elevado. Em nenhuma das obras estudadas foi reutilizado o resíduo na obra. Nestes casos de estudo, os solos “bons” não foram classificados como resíduo, prática corrente e aprovada pela APA, porque estes são, sempre que possível, reutilizados nas obras. De grande importância é os cadernos de encargo incluírem obrigatoriamente referência a uma percentagem mínima de materiais reciclados de RCD em obra, como forma de incentivar a reutilização e a reciclagem. Esta medida ganha maior relevância a partir do momento em que a UE traça, através da Directiva 2008/98/EC, uma meta de 70% (em peso) de reaproveitamento de RCD não perigosos até 2020. Para se atingir esta meta disposta na legislação, teria de ser complementada com a introdução de mais normas e especificações técnicas relativas à utilização de RCD em obra e permitir a criação de um mercado

de materiais reciclados que possam dar resposta a todas as necessidades consequentes desta obrigatoriedade.

Como referido, uma decisão importante a tomar para a redução do impacto das emissões de uma obra no ambiente é tentar mudar o destino de eliminação em aterro para os resíduos gerados para o tratamento de reciclagem, sendo por isso fundamental encontrar soluções que permitam a sua reciclagem. Neste trabalho foi sugerido aquando do cálculo da avaliação de impacto, a produção de betão com uma composição de mistura de 50% de agregado virgem com 50% de agregado reciclado.

À semelhança do existente no nosso País para outros resíduos, como situação ideal, deveria ser criado um fluxo de reciclagem para o resíduo inerte. O produtor/ obra deveria fazer a entrega do resíduo inerte em local ou operador que após a sua trituração lhe daria um destino de incorporação num material novo.

Relativamente ao transporte neste trabalho, mostra-se que para a opção de eliminação em aterro este deve estar localizado a distâncias inferiores a 50km, porque a influência do transporte na avaliação do impacto aumenta significativamente com a distância. O cálculo da influência do transporte para as situações de reciclagem e incineração para distâncias superiores a 210km para a reciclagem e de 110km para a incineração parecem não ter uma influência significativa para o impacto total.

Normalmente, as obras têm uma curta duração e como existem vários tipos de empreitadas, construção civil, obra marítima, obra subterrânea torna-se, para cada nova obra, necessário adaptar os sistemas de gestão ambiental e de gestão de resíduos das empresas. Devido a esta particularidade é necessário, novamente, na fase de preparação da obra repensar os sistemas, as medidas a adoptar, visto a construção ser um processo dinâmico e variar de obra para obra, pois cada uma tem a sua própria função, os seus métodos construtivos e características diferentes. Esta tarefa pode ser difícil, porque naturalmente as obras mudam de localização e desta forma é necessário fazer sempre um novo estudo do mercado para a recolha dos resíduos, para a escolha de meios de armazenamento e escolha de destinos de envio dos resíduos, idealmente, na área envolvente à obra.

Uma dificuldade e em simultâneo uma limitação surgida na fase de validação dos dados e de elaboração do inventário dos mesmos é a classificação dos resíduos. Verificou-se que, a classificação dos resíduos segundo a Lista Europeia de Resíduos pode ser um pouco aleatória,

dependendo da pessoa que faz a sua classificação, que pode ser o técnico de ambiente da obra ou o operador. Nos três casos de estudo resíduos iguais tiveram classificações diferentes. Salienta-se, que a lista de resíduos nas três obras é muito distinta e num dos casos é demasiado extensa. Conclui-se, assim, que a lista varia em função do tipo de obra e respectivas infra-estruturas instaladas (refeitórios, zona de abastecimento, zona de manutenção, central de betão, fábricas de execução de tubos de betão), bem como, do técnico que classifica os resíduos. Em alguns casos a lista depende, ainda, das licenças que os operadores têm. Nestas licenças estão indicados quais os resíduos que os operadores podem encaminhar e gerir. Mostra-se, ainda que, ao longo do trabalho que alguns operadores não disponibilizaram a informação necessária, tal como o destinatário final do resíduo e o tipo de tratamento realizado.

No sector público e nas empresas privadas deve haver uma política de encorajamento ao uso de estratégias para a redução de resíduos, estratégia para a reutilização e reciclagem de forma a obter matéria-prima “secundária”. As empresas de construção têm que enfrentar o novo paradigma do desenvolvimento sustentável e conceber uma correcta gestão de resíduos que traga vantagens económicas, ambientais e sociais, tais como redução dos custos de transporte, redução das quantidades de resíduos a depositar em aterro, redução da dependência de matérias-primas virgens, melhoria da qualidade dos materiais reciclados, menor extracção de recursos naturais, redução das emissões de CO<sub>2</sub>, eliminação de aterros ilegais e não autorizados, melhoria da qualidade do ar. O reaproveitamento dos resíduos tem de se tornar uma prática comum e é necessário que estes comecem a ser vistos não como desperdícios sem qualquer utilidade mas sim como recursos valiosos. As empresas têm alguma dificuldade em ter ao seu dispor no mercado soluções de tratamento de reciclagem a um custo economicamente viável. É desta forma é necessário criar mais alternativas de fluxos, especialmente de RCD, devido às grandes quantidades envolvidas.

Para trabalho futuro recomendam-se algumas áreas que devem ser desenvolvidas.

- A necessidade de melhorar a informação das bases de dados para o cenário de reciclagem para os resíduos gerados na construção. Deve ser realizado um levantamento exaustivo de onde e como os resíduos são reciclados o que deve abranger várias soluções para cada tipo de resíduo em Portugal.
- Na construção é necessário criar para os vários tipos de obra (construção civil, obra marítimas, obra subterrânea) índices de estimativa das quantidades de resíduos a produzir numa obra. Os índices podem ser utilizados para estimar as dimensões dos



contentores e a frequência com que estes devem ser recolhidos, ou seja para um planeamento antecipado destas acções possibilitando que os resíduos sejam adequadamente tratados, impulsionando o seu reaproveitamento. É relevante “pensar” a gestão de resíduos na fase de preparação de obra. De um modo geral, os indicadores de resíduos parecem proporcionar uma maneira simples e consistente de medir e controlar as quantidades de resíduos gerados ao nível da obra.

Há muito trabalho a desenvolver neste capítulo, como a consciencialização de todos os intervenientes nas obras, relativamente, aos problemas da reciclagem dos materiais, bem como, à sua reutilização e destino final, não só no nosso País, bem como a nível mundial, pois que, alertados para todos estes problemas estão a contribuir para o bem comum da humanidade e o futuro das novas gerações.



## 7. Referências bibliográficas

- 2.0-LCA consultants (2011) "Better decision-making for sustainable development" <<http://www.lca-net.com/>> Consultado em 2011,
- APA (2007) "Plano de implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável" <<http://www.apambiente.pt/paginas/default.aspx>> Consultado em 2007, Agência Portuguesa do Ambiente.
- APA (2010) "Resíduos de construção e demolição" <<http://www.apambiente.pt/paginas/default.aspx>> Consultado em 2010, Agência Portuguesa do Ambiente.
- Asif, M.; Muneer, T.; Kelley, R. (2007) "Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland" *Building and Environment* 42: 1391–1394.
- BAFU (2010) <<http://www.bafu.admin.ch/>> Consultado em 2010, Bundesamt fur Umwelt BAFU.
- Baptista, A.; Picado-Santos, L. (2006) "Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central: contribuição para a sua caracterização mecânica" *Engenharia Civil UM*.
- Batayneh, M.; Marie, I.; Asi, I. (2007) "Use of selected waste materials in concrete mixes" *Waste Management* 27 1870–1876.
- Björklund, A.; Finnveden, G. (2005) "Recycling revisited - life cycle comparisons of global warming impact and total energy use of waste management strategies" *Resources, Conservation and Recycling* 44: 309–317.
- Blengini, G. (2009) "Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy" *Building and Environment* 44: 319–330.
- Blengini, G.; Garbarino, E. (2010) "Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix" *Journal of Cleaner Production* 18: 1021–1030.
- Bossink, B.; Brouwers, H. (1996) "Construction Waste: Quantification and Source Evaluation" *Journal of Construction Engineering and Management* 122: 55-60.
- Bowmann & Associates Pty Ltd (2009) "Recycled Concrete Road Base Transport Subsidy for Test Pavement Trial" <<http://www.bowmanassociates.com.au/>>, The Government of Western Australia.
- Bribián, I.; Capilla, A.; Usón, A. (2011) "Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential" *Building and Environment* 46 1133-1140.
- Bribián, I.; Usón, A.; Scarpellini, S. (2009) "Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification" *Building and Environment* 44: 2510–2520.
- Broadbent, C. (2011) "LCI Data for Steel Products", Belgium, World Steel Association.

- Cachim, P. (2008) "Betão com agregados reciclados" Cincos'08 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável, Curia Portugal,
- Carpenter, A.; Gardner, K.; Fopiano, J.; Benson, C.; Edil, T. (2007) "Life cycle based risk assessment of recycled materials in roadway construction" *Waste Management* 27: 1458–1464.
- Chowdhury, R.; Apula, D.; Fryb, T. (2010) "A life cycle based environmental impacts assessment of construction materials used in road construction" *Resources, Conservation and Recycling* 54: 250–255.
- CML (2011) <<http://www.cml.leiden.edu/>> Consultado em 2011, Institute of Environmental Sciences.
- Coelho, A.; Brito, J. (2011) "Generation of construction and demolition waste in Portugal" *Waste Management & Research* 29(7): 739–750.
- Doka, G. (2007) "Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services. Ecoinvent report No 13" Dübendorf, Ecoinvent Center.
- Decreto-Lei n.º 46/ 2008 de 12 de Março Diário da República, 1.ª série — N.º 51. 2008 Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2008)
- Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho Diário da República, 1ª Série - Nº 116. 2011 Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2011)
- Ecoinvent Center (2010) "Welcome to the ecoinvent Centre portal" <<http://www.ecoinvent.org/>> Consultado em 2010, Ecoinvent Center Swiss center for Life Cycle Inventories.
- Ekvall, T.; Assefa, G.; Björklund, A.; Eriksson, O.; Finnveden, G. (2007) "What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management" *Waste Management* 27 989–996.
- Ekvall, T.; Finnveden, G. (2001) "Allocation in ISO 14041 — a critical review" *Journal of Cleaner Production* 9 197–208.
- Elkington, J. (2006) "Governance for Sustainability Corporate Governance: An International Review" 8th International Conference on Corporate Governance and Board Leadership, Centre for Board Effectiveness, Henley Management College,
- European Community (2001) "Sixth Environmental Action Programme of 2001– 2010. Environment 2010: Our Future, Our Choice." Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
- Ferreira, J. (2004) "Análise de ciclo de vida dos produtos", Instituto Politécnico de Viseu.
- Ferreira, M. (2007) "Avaliação de Ciclo de Vida de uma Central Hidroelétrica" Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Finkbeiner, M.; Inaba, A.; Tan, R.; Christiansen, K.; Klüppel, H. (2006) "The New International Standards for Life Cycle Assessment: ISO 14040 and ISO 14044" *The International Journal of Life Cycle Assessment* 2: 80–85.

- Finnveden, G.; Björklund, A.; Reich, M.; Eriksson, O.; Sorbom, A. (2007) "Flexible and robust strategies for waste management in Sweden" *Waste Management* 27: 989–996.
- Finnveden, G.; Johansson, J.; Lind, P.; Moberg, Å. (2005) "Life cycle assessment of energy from solid waste—part 1: general methodology and results" *Journal of Cleaner Production* 13 213–229.
- Franklin Associates LCA and Solid Management Consultants (2012) <<http://www.fal.com/>> Consultado em 2012,
- Guinée, J. (2002) "Handbook on Life Cycle Assessment – Operational Guide to the ISO Standards" 1-4020-0228-9 (HB).
- Habert, G.; Billard, C.; Rossi, P.; Chen, C.; Roussel, N. (2009) "Cement production technology improve-ment compared to factor 4 objectives" *Journal of Cement and Concrete Research* V. 40, n.º 5: 820-826.
- Holcim Ltd e gtz (2007) "Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste" <<http://www.coprocem.com/documents/Holcim-GTZ%20-%20CDW%20Study%20--%20Revised%20Oct%202007.pdf>>Switzerland
- Horvath, A. (2003) "Life-cycle Environment and Economic Assessment of Using Recycled Materials for Asphalt Pavements", University of California Transportation Center (UCTC).
- Horvath, A. (2004) "Construction Materials and the Environment" *Annu. Rev. Environ. Resour.* 29: 181–204.
- Huang, W.; Lin, D.; Chang, N.; Lin, K. (2002) "Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process" *Resources, Conservation and Recycling* 37: 23 - 37.
- Huang, Y.; Bird, R.; Heidrich, O. (2009) "Development of a life cycle assessment tool for construction and maintenance of asphalt pavements" *Journal of Cleaner Production* 17 283–296.
- IPCC (2011) <<http://www.ipcc.ch/>> Consultado em 2011, IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.
- ISO (2006) "ISO 14040: Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework" International Organization for Standardization.
- ISO (2010a) "Environmental management - Illustrative examples on how to apply ISO14044 - Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, to impact assessment situations" International Organization for Standardization.
- ISO (2010b) "Draft ISO/TR14049 - Examples of application on how to apply ISO14044 to goal and scope definition and inventory analysis" International Organization for Standardization.
- JLR (2010) "ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance " Italy, JRL European Commission, ISBN
- Kehagia, F. (2010) "A successful pilot project demonstrating the re-use potential of bauxite residue in embankment construction" *Resources, Conservation and Recycling* 54: 417–421.

- Kibert, C. (2007) "Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery" 978-0-470-11421-6.
- Lipsmeier, K.; Gunther, M. (2002) "Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios" Dresden, Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology.
- LNEC (2009a) "E 471 – 2009: Guia para a Utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos" LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- LNEC (2009b) "E 472 – 2009: Guia para a Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central" LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- LNEC (2009c) "E 473 – 2009: Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas Não Ligadas de Pavimentos" LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- LNEC (2009d) "E 474 – 2009: Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infra-Estruturas de Transporte" LNEC Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Mália, M. (2010) "Indicadores de resíduos de construção e demolição" Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Marsmann, M. (1997) "Editorial: ISO 14040- The First Project" The International Journal of Life Cycle Assessment 2 (3): 122-123.
- Martins, P.; Branco, J. (2008) "Análise de ciclo de vida de edifícios com estrutura de betão, aço e madeira " Cincos'08 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável, Curia - Portugal,
- McDouglas, F.; White, P.; Franke, M.; Hindle, P. (2001) "Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory" ISBN 0-632-05889-7.
- Mercante, I.; Bovea, M.; Ibáñez-Forés, V.; Arena, A. (2012) "Life cycle assessment of construction and demolition waste management systems: a Spanish case study" The International Journal of Life Cycle Assessment 17: 232–241.
- Montecinos, W.; Holda, A. (2006) "Construction and demolition waste management in Denmark", COWAM: Construction Waste Management in Sri Lank.
- Nations, United (2010) "World Population Prospects -The 2008 Revision " <<http://esa.un.org/>> Consultado em 2010, United Nations Department Economic and Social Affairs.
- Odum, E. (1971) "Fundamentos de ecologia" Fundação Calouste Gulbenkian, ISBN 9789723101584.
- Ortiz, O. (2009) "Sustainability assessment within the residential building sector: A practical Life Cycle Method" Ph.D., Universitat Rovira i Virgili, Taragona, Spain.
- Ortiz, O.; Bonnet, C.; Bruno, J.; Castells, F. (2009a) "Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain" Building and Environment 44: 584–594.
- Ortiz, O.; Castells, F.; Sonnemann, G. (2009b) "Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA" Construction and Building Materials 23: 28–39.

- Ortiz, O.; Pasqualino, J. C.; Castells, F. (2010b) "Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain " *Journal of Waste Management* V. 30, n.º 4: 646-654.
- Ortiz, O.; Pasqualino, J.; Díez, G.; Castells, F. (2010a) "The environmental impact of the construction phase: An application to composite walls from a life cycle perspective" *Resources, Conservation and Recycling* 54: 832–840.
- Partidário, P.; Santos, I.; Gonçalves, H. (2008) "How lifecycle stages may affect the environmental impacts of residential buildings? An LCA perspective" *Cincos'08 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável*, Curia - Portugal,
- Pasqualino, J.; Ortiz, O.; Castells, F. (2008) "Life cycle assessment as a tool for material selection and waste management within the building sector" *25th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Dublin - Ireland,
- Pinheiro, M. (2003) "Construção Sustentável - Mito ou realidade? " *VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente*, Lisboa - Portugal,
- Pinheiro, M. (2006) "ambiente e construção sustentável" Instituto do Ambiente, ISBN 972-8577-32-X.
- Pisoni, E.; Raccanelli, R.; Dotelli, G.; Botta, D.; Melià, P. (2009) "Accounting for transportation impacts in the environmental assessment of waste management plans" *The International Journal of Life Cycle Assessment* 14: 248–256.
- Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março Diário da República, 1.ª série B — N.º 53. 2004 Ministérios da Economia da Agricultura Desenvolvimento Rural e Pescas da Saúde e das Cidades Ordenamento do território e Ambiente (2004)
- Pré-product ecology consultants (2010) "SimaPro 7.3 LCA tool" <<http://www.ecoinvent.org/>> Consultado em 2010,
- Richardson, A.; Allain, P.; Veuille, M. (2010) "Concrete with crushed, graded and washed recycled construction demolition waste as a coarse aggregate replacement" *Structural Survey* 28 No. 2: 142-148.
- Rocha, B.; Bastos, A.; Cachim, P. "Utilização de Agregados Recilcados em Pré-Lajes de Betão" *Cincos'08 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável*, Curia - Portugal,
- Simões, C.; Xara, S.; Bernardo, C. (2010) "Life cycle assessment of a road safety product made with virgin and recycled HDPE" *Waste Management & Research* 29 (4): 414–422.
- Somague Engenharia SA (2007) "Relatório de sustentabilidade 2007" <<http://www.somague.pt/site/index.asp>>
- Swiss Agency (1998) "Life Cycle Inventories for Packagings - Volume I" Berne, Swiss Agency for the Environment Forest and Landscape.
- Tae, S.; Baek, C.; Shin, S. (2011) "Life cycle CO2 evaluation on reinforced concrete structures with high-strength concrete" *Environmental Impact Assessment Review* 31: 253–260.

- Tam, V.; Kotrayothar, D.; Loo, Y. (2009) "On the prevailing construction waste recycling practices: a South East Queensland study" *Waste Management & Research* 27: 167–174.
- Tam, V.; Tam, C. (2006) "A review on the viable technology for construction waste recycling" *Resources, Conservation and Recycling* 47: 209–221.
- Tam, V.; Tam, L.; Le, K. (2010) "Cross-cultural comparison of concrete recycling decision-making and implementation in construction industry" *Waste Management* 30: 291–297.
- Torgal, F.; Jalali, S. (2007) "Construção sustentável. O caso dos materiais de construção" Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional, Coimbra, Portugal,
- Torgal, F.; Jalali, S. (2010) "A sustentabilidade dos materiais de construção" TecMinho, ISBN 978-972-8600-22-8.
- UNEP-IETC, CIB e (2002) "Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries" <<http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>>, The International Council for Research and Innovation in Building and Construction CIB, United Nations Environment Programme International Environmental Technology Centre UNEP-IETC, CSIR Building and Construction Technology.
- WBCSD (2011) "Recycling Concrete" <<http://www.wbcscement.org/>> Consultado em 2011, World Business Council for Sustainable Development,.
- Weidema, B.; Nielsen, A.; Christiansen, K.; Norris, G.; Notten, P.; Suh, S.; Madsen, J.; Project, 2.-0 LCA consultants Environmental (2005) "Prioritisation within the Integrated Product Policy" Denmark, The Danish Environmental Protection Agency.
- Word Steel Association (2011) "LCI Data for Steel Products" <<http://www.worldsteel.org/>> Consultado em 2011,

### **7.1. Legislação consultada**

- Decreto-Lei n.o 310/ 95 de 20 de Novembro Diário da República, 1.ª série A — N.º 268. 1995  
Ministério do Ambiente e Recursos Naturais (1995)
- Decreto-Lei n.o 239/ 97 de 9 de Setembro Diário da República, 1.ª série A — N.º 208. 1997  
Ministério do Ambiente (1997)
- Decreto-Lei n.o 321/ 1999 de 11 de Agosto Diário da República, 1.ª série A — N.º 186. 1999  
Ministério do Ambiente (1999)
- Decreto-Lei n.o 516/ 1999 de 2 de Dezembro Diário da República, 1.ª série A — N.º 280. 1999  
Ministério do Ambiente (1999)
- Decreto-Lei n.o 152/ 2002 de 23 de Maio Diário da República, 1.ª série A — N.º 119. 2002  
Ministério do Ambiente (2002)
- Decreto-Lei n.o 178/ 2006 de 5 de Setembro Diário da República, 1.ª série — N.º 171. 2006  
Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2006)



- Decreto-Lei n.o 46/ 2008 de 12 de Março Diário da República, 1.ª série — N.º 51. 2008 Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2008)
- Decreto-Lei n.o 183/ 2009 de 10 de Agosto Diário da República, 1.ª série — N.º 153. 2009 Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2009)
- Decreto-Lei n.o 73/2011 de 17 de Junho Diário da Republica, 1ª Série - Nº 116. 2011 Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2011)
- Portaria n.o 15/1996 de 23 de Janeiro Diário da República, 1.ª série B — N.º 19. 1996 Ministério do Ambiente (1996)
- Portaria n.o 335/1997 de 16 de Maio Diário da República, 1.ª série B — N.º 113. 1997 Ministério da Administração Interna, do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território, da Saúde e do Ambiente (1997)
- Portaria n.o 818/1997 de 5 de Setembro Diário da República, 1.ª série B — N.º 205. 1997 Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território (1997)
- Portaria n.o 792/1998 de 22 de Setembro Diário da República, 1.ª série B — N.º 219. 1998 Ministério da Economia, da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas e do Ambiente (1998)
- Portaria n.o 961/1998 de 10 de Novembro Diário da República, 1.ª série B — N.º 260. 1998 Ministério do Ambiente (1998)
- Portaria n.o 209/2004 de 3 de Março Diário da República, 1.ª série B — N.º 53. 2004 Ministérios da Economia da Agricultura Desenvolvimento Rural e Pescas da Saúde e das Cidades Ordenamento do território e Ambiente (2004)
- Portaria n.o 1408/2006 de 18 de Dezembro Diário da República, 1.ª série — N.º 241. 2006 Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (2006)



## 8. Anexos



## 8.1. Anexo 1 - Registro fotográfico



Figura 116 – Trabalho de demolição



Figura 117 - Rega do stock de tout-venant com recurso a joper



Figura 118 - Kit de emergência



Figura 119 - Armazenamento provisório de tubagem



Figura 120 - Zona de lavagem de rodados



Figura 121 - Contentor para material inerte



Figura 122 - Triagem de resíduos



Figura 123 - Contentores de resíduos de betão



Figura 124 - Recolha de madeira nas frentes de obra





Figura 125 - Recolha de resíduos



Figura 126 - Recolha de resíduos



Figura 127 - Manutenção de equipamento



Figura 128 - Recolha de paletes de madeira



Figura 129 - Triagem do ferro

## 8.2. Anexo 2 – Listagem com inventário de resíduos

Resíduo	1º Caso de estudo	2º Caso de estudo	3º Caso de estudo
	MIRA	COIMBRA	GONDOMAR
10 11 03 - Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro	Triturado e eliminado em aterro	---	...
12 01 01 – Aparas e limalhas de metais ferrosos	Triturado e utilizado em matéria-prima - reciclagem	---	---
12 01 05 – Aparas de matérias plásticas	Granulado e utilizado em matéria-prima - reciclagem	---	---
13 01 05 - Emulsões não cloradas	---	---	Sem informação
13 02 08 – Outros óleos	Refinação e regeneração - reciclagem	---	Sem informação
13 05 07 - Misturas óleo proveniente dos separadores	Tratamento físico-químico e eliminação	---	Sem informação
13 05 08 - Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água	Tratamento físico-químico e eliminação	---	---
13 07 01 - Fuelóleo e gasóleo	---	---	Sem informação
13 08 02 - Outras emulsões	---	---	Sem informação
15 01 01 - Embalagens de cartão e papel	---	---	Sem informação
15 01 02 - Embalagens de plásticos	---	---	Sem informação
15 01 07 - Embalagens de vidro	---	---	Sem informação 0,60
15 01 10 - Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	Triturado e utilizada como matéria-prima (plástico ou metálica) - reciclagem	Sem informação	Sem informação
15 02 02 - Absorventes, materiais filtrantes	Sem informação	---	Sem informação
16 01 03 - Pneus usados	---	---	Sem informação
16 03 05 - Resíduos orgânicos contendo substâncias	---	Sem informação	---

Resíduo	1º Caso de estudo	2º Caso de estudo	3º Caso de estudo
	MIRA	COIMBRA	GONDOMAR
perigosas			
16 06 01 - Pilhas de chumbo	---	---	Sem informação
17 01 01 - Betão	Triturado e eliminado em aterro	Triturado e eliminado em aterro	Triturado e eliminado em aterro
17 01 06 - Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, contendo substâncias perigosas	---	---	Sem informação
17 01 07 - Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos não abrangidas em 17 01 06	---	Triturado e eliminado em aterro	Triturado e eliminado em aterro
17 02 01 – Madeira	Redução a pó e transformado em placas de madeira (MDF)	Redução a pó e transformado em placas de madeira (MDF)	Redução a pó e transformado em placas de madeira (MDF)
17 02 02 - Vidro	---	Triturado e transformado em matéria-prima - reciclagem	---
17 02 03 – Plástico	Granulado e utilizado em matéria-prima - reciclagem	Sem informação	Sem informação
17 02 04 - Vidro, plástico e madeira, contendo substâncias perigosas	---	---	Sem informação
17 03 01 - Misturas betuminosas contendo alcatrão	---	Sem informação	---
17 03 02 - Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01	---	---	Sem informação
17 04 01 - Cobre, bronze e latão	---	---	Sem informação
17 04 03 - Chumbo	---	Sem informação	---
17 04 05 - Ferro e aço	Triturado e utilizado em matéria-prima - reciclagem	Sem informação	Sem informação
17 04 07 - Misturas de metais			Sem informação

Resíduo	1º Caso de estudo	2º Caso de estudo	3º Caso de estudo
	MIRA	COIMBRA	GONDOMAR
17 05 03 - Solos e rochas contendo substâncias perigosas	Estabilização e eliminação em aterro	---	Sem informação
17 05 04 - Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	---	Triturado e eliminado em aterro	Triturado e eliminado em aterro
17 06 03 - Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas	---	---	Sem informação
17 06 04 - Materiais de isolamento não abrangidos em 17 05 03	---	---	Sem informação
17 06 05 - Materiais de construção contendo amianto	---	Eliminação em aterro	Sem informação
17 09 04 - Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	Triturado e eliminado em aterro	Eliminado e aterro	Sem informação
20 01 01 - Papel e cartão	---	---	Sem informação
20 01 02 - Vidro	---	---	Sem informação
20 01 38 - Madeira não abrangida em 20 01 37	---	---	Sem informação
20 01 39 - Plásticos	Granulado e utilizado em matéria-prima - reciclagem	Sem informação	---
20 01 99 - Outras fracções não anteriormente especificadas	Sem informação	---	---
20 02 01 - Resíduos biodegradáveis	---	---	Sem informação
20 03 01 - RSU	Eliminação em aterro	---	---
20 03 07 - Monstros	---	---	Sem informação

Legenda: sem informação – os operadores não disponibilizaram a informação sobre os destinos finais e tratamento dos resíduos.

### 8.3. Anexo 3 – Destinos dos resíduos

Listagem dos destinos dos resíduos que deu origem às soluções apresentadas na

Tabela 17.

1º caso de estudo

i) Resíduos de materiais fibrosos à base de vidro – 10 11 03

Este resíduo foi encaminhado para um operador da zona de Santo António de Vagos. Este resíduo foi triturado e colocado numa pedreira, que se encontra em fase de recuperação paisagística.

ii) Aparas e limalhas de metais ferrosos – 12 01 01

Este resíduo juntamente com o ferro e aço são, em todos os casos de estudo, enviados pelo operador, para inclusão em novo material na siderurgia nacional.

iii) Aparas de matérias plásticas – 12 01 05

O operador que levou este resíduo para Estarreja, realiza a reciclagem nas próprias instalações, transformando-o em granulado de alta densidade para novo material.

iv) Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação - 13 02 08 (\*)

Este resíduo é recolhido por um operador que o transporta até à Sertã onde o resíduo é refinado. Após esta transformação este é enviado para uma fábrica de regeneração de óleos industriais em Huelva.

v) Misturas Água com óleo proveniente dos separadores – 13 05 07 (\*)

Este resíduo é recolhido por um operador que nas suas instalações na Sertã realiza um tratamento físico-químico e o envia para uma ETAR.

vi) Misturas de resíduos provenientes de desarenadores e de separadores óleo/água - 13 05 08 (\*)

Estes resíduos são desidratados, separando-se a componente líquida oleosa da lama. As águas oleosas sofrem tratamento. Em relação à fracção oleosa é estabilizada e depositada em aterro de resíduos industriais perigosos.

vii) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas - 15 01 10



As embalagens são lavadas e trituradas para posterior reciclagem da fracção plástica e/ou metálica.

viii) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo não anteriormente especificados), panos de limpeza e vestuário de protecção, contaminados por substâncias perigosas – 15 02 02 (\*)

Não foi possível obter informação sobre este resíduo.

ix) Betão – 17 01 01

O resíduo de betão resultante da demolição de estruturas provisórias, da demolição de estruturas novas é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado na recuperação paisagística de uma antiga pedreira. Este resíduo contém poucas impurezas.

x) Madeira – 17 02 01

Este resíduo é encaminhado para Matosinhos onde é transformado em placas de aglomerado – MDF.

xi) Plástico – 17 02 03

À semelhança do ocorrido com o resíduo 12 01 05, o destino final deste resíduo foi em Estarreja onde foi realizada a reciclagem nas próprias instalações, transformando-o em granulado de alta densidade.

xii) Ferro e aço - 17 04 05

Tal como aparas e limalhas de metais ferrosos, este resíduo é enviado pelo operador para a Siderurgia Nacional, localizada no Seixal, para inclusão em novo material.

xiii) Solos e rochas contendo substâncias perigosas – 17 05 03 (\*)

Este resíduo resultante de contaminação de solos com óleos provenientes de derrames de substâncias perigosas, como por exemplo óleos de máquinas, é armazenado provisoriamente na Sertã, estabilizado de forma a cumprir os critérios de deposição em aterro.

xiv) Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03- 17 09 04

O resíduo de mistura de RCD resultante da demolição de paredes é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado na recuperação paisagística de uma antiga pedreira Este resíduo contém algumas impurezas.

xv) Plásticos – 20 01 39

Este resíduo foi transportado para Cardeal onde é realizada a reciclagem nas próprias instalações, transformando-o em granulado. A empresa realiza filme plástico com a nova matéria-prima.

xvi) Outras fracções não anteriormente especificadas – 20 01 99

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xvii) Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos 20 03 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

## 2º caso de estudo

xviii) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas - 15 01 10

As embalagens são lavadas e trituradas para posterior reciclagem da fracção plástica e/ou metálica.

xix) Resíduos orgânicos contendo substâncias perigosas – 16 03 05

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xx) Betão – 17 01 01

À semelhança do primeiro caso de estudo, também neste segundo caso de estudo, o resíduo de betão é resultante da demolição de estruturas provisórias, da demolição de estruturas novas e é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado na recuperação paisagística de uma pedreira. Este resíduo contém poucas impurezas.

xxi) Mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 09 06-  
17 01 07

O resíduo de mistura de RCD é resultante da demolição de paredes e é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado na recuperação paisagística de uma pedreira. Este resíduo contém algumas impurezas.

xxii) Madeira – 17 02 01

Este resíduo é encaminhado para Matosinhos onde é transformado em painéis de fibra de madeira de média densidade (MDF).

xxiii) Vidro – 17 02 02

Este resíduo é transformado em pó para ser transformado em matéria-prima secundária.

xxiv) Plástico – 17 02 03

À semelhança do ocorrido com o resíduo 12 01 05, o destino final deste resíduo foi em Estarreja onde foi realizada a reciclagem nas próprias instalações, transformando-o em granulado de alta densidade.

xxv) Misturas betuminosas contendo alcatrão – 17 03 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxvi) Chumbo – 17 04 03

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxvii) Ferro e aço - 17 04 05

Tal como as aparas e limalhas de metais ferrosos, este resíduo é enviado pelo operador para a Siderurgia Nacional, localizada no Seixal, para inclusão em novo material.

xxviii) Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03 – 17 05 04

O resíduo de betão resultante da demolição de estruturas provisórias, da demolição de estruturas novas é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado como um material novo. Este resíduo contém poucas impurezas.

xxix) Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03 – 17 06 04

Este resíduo foi enviado pelo operador para Leiria para eliminação em aterro.

xxx) Materiais de construção contendo amianto – 17 06 05 (\*)

Este resíduo foi enviado pelo operador para Leiria para eliminação em aterro.

xxxi) Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03- 17 09 04

O resíduo de mistura de RCD resultante da demolição de paredes é transportado até Portunhos onde é triturado e crivado para ser usado como um material novo. Este resíduo contém algumas impurezas.

xxxii) Plásticos – 20 01 39

Este resíduo foi transportado para Cardeal onde é realizada a reciclagem nas próprias instalações, transformando-o granulado. A empresa realiza filme plástico com a nova matéria-prima.

3º caso de estudo

xxxiii) Emulsões não cloradas - 13 01 05 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxiv) Outros óleos - 13 02 08 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxv) Misturas Água com óleo proveniente dos separadores – 13 05 07

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxvi) Fuelóleo e gasóleo – 13 07 01 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxvii) Outras emulsões - 13 08 02

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxviii) Embalagens de cartão e papel - 15 01 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xxxix) Embalagens de plásticos - 15 01 02

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xl) Embalagens de vidro - 15 01 07

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xli) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas - 15 01 10 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlii) Absorventes, materiais filtrantes - 15 02 02 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xliii) Pilhas de chumbo - 16 06 01 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xliv) Betão - 17 01 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlv) Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, contendo substâncias perigosas -  
17 01 06 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlvi) Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos não abrangidas em 17 01 06 -  
17 01 07

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlvii) Madeira - 17 02 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlviii) Plástico - 17 02 03

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

xlix) Vidro, plástico e madeira, contendo substâncias perigosas 17 02 04 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

l) Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01 – 17 03 02

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

li) Cobre, bronze e latão – 17 04 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lii) Ferro e aço – 17 04 05

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

liii) Misturas de metais – 17 04 07

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

liv) Solos e rochas contendo substâncias perigosas – 17 05 03 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lv) Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03 – 17 05 04

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lvi) Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas - 17 06 03  
(\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lvii) Materiais de isolamento não abrangidos em 17 05 03 – 17 06 04

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lviii) Materiais de construção contendo amianto - 17 06 05 (\*)

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lix) Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03 – 17 09 04

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lx) Papel e cartão - 20 01 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lxi) Vidro – 20 01 02

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lxii) Equipamento eléctrico e electrónico fora de uso – 20 01 36

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lxiii) Madeira não abrangida em 20 01 37 – 20 01 38

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lxiv) Resíduos biodegradáveis – 20 02 01

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.

lxv) Monstros – 20 03 07

Não foi possível obter informações sobre este resíduo.





#### 8.4. Anexo 4 – Cálculo da avaliação de impacto

**1º caso de estudo - 1.1 cenário de tratamento/ situação real**

<b>PROCESSO</b>						
Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	0,000102372	3,0892762	8,897627068	4,78209284	0,231000376	
carvão lignite	9,18045E-05	0,079476931	0	0	0,181366509	
gás natural	0,000558992	1,94482992	5,080512305	4,765659657	1,143395149	
petróleo	0,015082454	0,287163273	2,244719559	1,386297523	0,646204769	
Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		kg Sb-eq		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	26,79371206	944,9550729	1407,442827	756,4401401	87,95549079	
carvão lignite	24,0279871	24,31059051	0	0	69,05694537	
gás natural	146,3050098	594,889152	803,6446737	753,8407094	435,3580864	
petróleo	3947,530602	87,83817762	355,0738212	219,2870627	246,0483342	
<b>TRANSPORTE</b>						
Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq / ton km		kg Sb-eq / ton km		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	
Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq / ton		kg Sb-eq / ton		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	3,09016E-05	0,000386271	0,000324467	0,000324467	0,000169959	
carvão lignite	2,79957E-05	0,000349946	0,000293955	0,000293955	0,000153976	
gás natural	0,000422584	0,005282302	0,004437134	0,004437134	0,002324213	
petróleo	0,005449589	0,068119865	0,057220686	0,057220686	0,029972741	
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq		kg Sb-eq		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	8,087887158	0,100430341	0,028228651	0,028228651	0,016146109	
carvão lignite	7,327311278	0,090985984	0,02557406	0,02557406	0,014627747	
gás natural	110,6029576	1,373398587	0,386030649	0,386030649	0,220800234	
petróleo	1426,320977	17,71116485	4,97819972	4,97819972	2,847410349	
<b>CRÉDITOS</b>						
Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	0	0	9,00549412	5,475886684	0,227803725	
carvão lignite	0	0	0	0	0,17840079	
gás natural	0	0	23,70465781	23,27344385	1,142349714	
petróleo	0	0	7,33648995	6,435800508	0,661612384	
Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		kg Sb-eq		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	0	0	1424,505434	866,1857118	86,73833712	
carvão lignite	0	0	0	0	67,92772079	
gás natural	0	0	3749,645872	3681,435664	434,9600276	
petróleo	0	0	1160,499319	1018,026626	251,9149235	
<b>PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS</b>						
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		kg Sb-eq		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
carvão hulha	34,88159922	945,0555033	-17,03437776	-109,717343	1,233299778	
carvão lignite	31,35529838	24,40157649	0,02557406	0,02557406	1,143852322	
gás natural	256,9079674	596,2625506	-2945,615168	-2927,208924	0,618858998	
petróleo	5373,85158	105,5493425	-800,4472985	-793,7613634	-3,019178908	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira	
Processo	4144,657311	1651,992993	2566,161322	1729,567912	838,4188568	
Transporte	1552,339133	19,27597976	5,41803308	5,41803308	3,098984438	
Créditos	0	0	-6334,650625	-5565,648002	-841,541009	
Factor de regressar vazio	1,74					
Quantidade em ton	261.730	260	87	87	95	
Distância em km	20	250	210	210	110	
Quantidade de produto produzido a partir do resíduo (*)	276.963	306	158	158	381	

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq / ton resíduo		kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto		kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	2,3859862	949,5	2493,5676	1582,5014	224,9201772
CH <sub>4</sub>	0,033426916	5,93E+01	197,241045	157,74581	13,28527436
N <sub>2</sub> O	0,024011965	28,3994	6,759705648	2,97037612	1,989077402

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	624484,1681	290435,2941	394437,0567	250322,9487	85640,40004
CH <sub>4</sub>	8748,826823	18138,82353	31199,94712	24952,51904	5058,488861
N <sub>2</sub> O	6284,65154	8686,875294	1069,26253	469,8594953	757,3592842

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq / ton km				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009

Transporte para o total de km - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq / ton				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	0,89517884	11,1897355	9,39937782	9,39937782	4,92348362
CH <sub>4</sub>	0,023575984	0,294699804	0,247547835	0,247547835	0,129667914
N <sub>2</sub> O	0,008140189	0,101752368	0,085471989	0,085471989	0,044771042

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg CO <sub>2</sub> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	234295,1578	2909,33123	817,7458703	817,7458703	467,7309439
CH <sub>4</sub>	6170,542378	76,62194906	21,53666168	21,53666168	12,31845181
N <sub>2</sub> O	2130,531786	26,45561573	7,436063068	7,436063068	4,253248991

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq / ton resíduo		kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto		kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Alterações climáticas		Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	0	0	2999,595	2173,6567	225,9490743
CH <sub>4</sub>	0	0	308,637675	273,38225	13,29117398
N <sub>2</sub> O	0	0	6,811408648	3,299857704	2,050367545

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	0	0	474481,3909	343832,9689	86032,16194
CH <sub>4</sub>	0	0	48820,86859	43244,10136	5060,735193
N <sub>2</sub> O	0	0	1077,441004	521,9774914	780,6960627

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sub>2</sub> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	858779,3259	293344,6253	-79226,58831	-92692,27431	75,96904887
CH <sub>4</sub>	14919,3692	18215,44548	-17599,38481	-18270,04567	10,07212048
N <sub>2</sub> O	8415,183327	8713,33091	-0,742411477	-44,68193298	-19,08352951

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	639517,6465	317260,9929	426706,2664	275745,3273	91456,24819
Transporte	242596,232	3012,408795	846,7185951	846,7185951	484,3026447
Créditos	0	0	-524379,7005	-387599,0478	-91873,59319

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CH <sub>4</sub>	8,02246E-06	0,014232	0,047337851	0,037858994	0,003188466
SO <sub>2</sub>	0,000168076	0,082608	0	0	22,45602075
CO	0,000200076	0,212004	0,138122013	0,117981417	0,007526632

Processo para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,099718438	4,353317647	7,487987308	5,988604569	1,214037327
SO <sub>2</sub>	43,99054614	25,26832941	0	0	8550,33383
CO	52,36580245	64,84828235	21,8483911	18,66251501	2,865833652

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton km				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	5,65824E-06	7,0728E-05	5,94115E-05	5,94115E-05	3,11203E-05
SO <sub>2</sub>	3,5646E-05	0,000445575	0,000374283	0,000374283	0,000196053
CO	3,92814E-05	0,000491018	0,000412455	0,000412455	0,000216048

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	1,480930171	0,018389268	0,005168799	0,005168799	0,002956428
SO <sub>2</sub>	9,32963562	0,1158496	0,032562649	0,032562649	0,018625051
CO	10,28112331	0,127664581	0,035883568	0,035883568	0,020524536

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CH <sub>4</sub>	0	0	0,074073042	0,06561174	0,003189882
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	22,45523356
CO	0	0	0,199077577	0,174528581	0,01093164

Crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	0	0	11,71700846	10,37858433	1,214576446
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	8550,034102
CO	0	0	31,49045312	27,60724819	4,162321391
	0	0			

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	3,580648608	4,371706915	-4,223852355	-4,38481096	0,002417309
SO <sub>2</sub>	53,32018176	25,38417901	0,032562649	0,032562649	0,318353117
CO	62,64692576	64,97594693	-9,606178453	-8,908849615	-1,275963202

Formação de oxidantes fotoquímicos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	98,45606703	94,46992941	29,33637841	24,65111957	8554,413701
Transporte	21,0916891	0,261903449	0,073615015	0,073615015	0,042106016
Créditos	0	0	-43,20746158	-37,98583252	-8555,411

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	2,51808E-05	0	0,004672584	0,004804035	0,172418348
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,02885E-05	0,765	0,011341788	0,004983853	0,003337378
SO <sub>2</sub>	0,004201901	2,0652	0	0	561,4005187

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	6,590583347	0	0,739117757	0,759911023	65,64985166
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	10,54471735	234	1,794064647	0,788354858	1,270737054
SO <sub>2</sub>	1099,763653	631,7082353	0	0	213758,3458

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05

Transporte para o total de km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	8,39539E-06	0,000104942	8,81516E-05	8,81516E-05	4,61747E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,3658E-05	0,000170725	0,000143409	0,000143409	7,51192E-05
SO <sub>2</sub>	0,000891151	0,011139385	0,009357083	0,009357083	0,004901329

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	2,197326702	0,027285033	0,007669193	0,007669193	0,004386594
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	3,574717762	0,044388617	0,012476616	0,012476616	0,007136324
SO <sub>2</sub>	233,2408905	2,896239996	0,814066227	0,814066227	0,465626276

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0	0	0,005795418	0,006528504	0,172627659
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	0,011428538	0,005536674	0,003440214
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	561,3808391

Crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0	0	0,916729744	1,032690709	65,72954899
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	1,80778692	0,87580116	1,309892723
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	213750,8526

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	8,787910049	0,027285033	-0,169942794	-0,265110493	-0,075310735
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	14,11943511	234,0443886	-0,001245657	-0,074969686	-0,032019345
SO <sub>2</sub>	1333,004544	634,6044753	0,814066227	0,814066227	7,958827916

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	1116,898954	865,7082353	2,533182404	1,54826588	213825,2663
Transporte	239,012935	2,967913646	0,834212036	0,834212036	0,477149194
Créditos	0	0	-2,724516664	-1,908491869	-213817,892

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	0	0,001022128	0,001050883	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,1989	1,164911943	0,858036595	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	0,025731	0,006124566	0,00269128	0,001802184
NO <sup>3-</sup>	7,31423E-10	0	0	0	1,08375E-06
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	3,45184E-08	0	0	0	0,001042149
NO <sup>3-</sup>	5,41637E-07	0	5,98711E-06	7,32939E-06	0,007193199
CQO	0,00029355	0,0059378	0,0113638	0,016312762	0,006522755
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	0,0139902	0	0	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	0	0	0	0,003716583
P	6,31974E-07	0,00371484	0	0	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	0,06328	0,01163514	0,007640734	0,229215151

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,441690107	0	0,161682009	0,166230536	14,36090505
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	979,913071	60,84	184,2678892	135,7257887	26,63341406
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	5,694147369	7,870658824	0,96879491	0,425711623	0,686198009
NO <sup>3-</sup>	0,000191435	0	0	0	0,000412648
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	0,009034499	0	0	0	0,396807688
NO <sup>3-</sup>	0,141762673	0	0,000947052	0,001159376	2,738875659
CQO	60,02899045	1,816268235	1,797546602	2,580382416	2,483598373
N <sub>total</sub>	0,612145531	4,279355294	0	0	0,739380821
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,311746703	0	0	0	1,415122824
P	0,165406434	1,136304	0	0	0,33999367
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,252754081	19,35623529	1,8404676	1,208625228	87,27575013

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,83649E-06	2,29562E-05	1,92832E-05	1,92832E-05	1,01007E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000948129	0,011851611	0,009955353	0,009955353	0,005214709
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	7,37534E-06	9,21917E-05	7,74411E-05	7,74411E-05	4,05644E-05
NO <sup>3-</sup>	1,90747E-10	2,38434E-09	2,00285E-09	2,00285E-09	1,04911E-09
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	3,57258E-09	4,46572E-08	3,75121E-08	3,75121E-08	1,96492E-08
NO <sup>3-</sup>	1,77722E-07	2,22152E-06	1,86608E-06	1,86608E-06	9,7747E-07
CQO	5,53887E-05	0,000692358	0,000581581	0,000581581	0,000304638
N <sub>total</sub>	6,84644E-07	8,55805E-06	7,18876E-06	7,18876E-06	3,76554E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,99141E-07	4,98926E-06	4,19098E-06	4,19098E-06	2,19527E-06
P	2,11914E-07	2,64892E-06	2,22509E-06	2,22509E-06	1,16553E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,22276E-07	4,02845E-06	3,3839E-06	3,3839E-06	1,77252E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,480665216	0,005968601	0,001677636	0,001677636	0,000959567
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	248,1537623	3,081418743	0,866115699	0,866115699	0,495397321
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,930347592	0,023969853	0,006737373	0,006737373	0,003853615
NO <sup>3-</sup>	4,99243E-05	6,19928E-07	1,74248E-07	1,74248E-07	9,96654E-08
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	0,000935051	1,16109E-05	3,26355E-06	3,26355E-06	1,86667E-06
NO <sup>3-</sup>	0,046515148	0,000577596	0,000162349	0,000162349	9,28597E-05
CQO	14,49687765	0,180013191	0,050597554	0,050597554	0,028940582
N <sub>total</sub>	0,179191797	0,00225092	0,000625422	0,000625422	0,000357726

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,10446712	0,001297208	0,000364615	0,000364615	0,000208551
P	0,05546418	0,00068872	0,000193583	0,000193583	0,000110725
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,084349366	0,001047398	0,000294399	0,000294399	0,000168389

#### CRÉDITOS

Crédito por ton resíduo - unidade	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Potencial de eutrofização	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0	0	0,001267748	0,00142811	0,0377623
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	1,43140348	1,135437134	0,072805799
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0,006171411	0,002989804	0,001857716
NO <sup>3-</sup>	0	0	0	0	1,06961E-06
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0,00104082
NO <sup>3-</sup>	0	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0,007658922
CQO	0	0	0,021497946	0,031909117	0,006763172
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0,001941335
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0,003717301
P	0	0	0	0	0,000907515
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0,015192594	0,011598023	0,225629932

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE
NH <sub>3</sub>	0	0	0,200534631	0,225901093	14,37833884
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	226,422005	179,6055103	27,72146926
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0,976204937	0,472932626	0,70734207
NO <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0,000407263
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0,396301492
NO <sup>3-</sup>	0	0	0,000988976	0,001427824	2,916204199
CQO	0	0	3,400584208	5,047442112	2,575139219
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0,739180755
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	1,415396167
P	0	0	0	0	0,345544473
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	2,403192142	1,834596365	85,91064559

#### PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE
NH <sub>3</sub>	1,922355323	0,005968601	-0,037174986	-0,05799292	-0,016474223
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1228,066833	63,92141874	-41,28800015	-43,01360592	-0,592657878
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	7,62449496	7,894628677	-0,000672655	-0,040483631	-0,017290446
NO <sup>3-</sup>	0,00024136	6,19928E-07	1,74248E-07	1,74248E-07	5,48416E-06
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	0,009969551	1,16109E-05	3,26355E-06	3,26355E-06	0,000508063
NO <sup>3-</sup>	0,188277821	0,000577596	0,000120426	-0,000106099	-0,17723568
CQO	74,5258681	1,996281426	-1,552440052	-2,416462142	-0,062600264
N <sub>total</sub>	0,791337328	4,281580386	0,000625422	0,000625422	0,000557792
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,416213823	0,001297208	0,000364615	0,000364615	-6,47923E-05
P	0,220870614	1,13699272	0,000193583	0,000193583	-0,005440078
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,337103446	19,35728269	-0,562430142	-0,625676738	1,365272925

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	1050,57094	95,29882165	189,0373273	140,1078978	137,0704589
Transporte	265,5326254	3,297218632	0,926772068	0,926772068	0,530091303
Créditos	0	0	-233,4035099	-187,1878103	-137,1059693

1º caso de estudo - 1.2 cenário de tratamento/ reciclagem

**PROCESSO**

Processo por ton produto - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	0,221657059	3,0892762	8,897627068	4,78209284	0,231000376
carvão lignite	0,008376763	0,079476931	0	0	0,181366509
gás natural	0,041467161	1,94482992	5,080512305	4,765659657	1,143395149
petróleo	0,255558247	0,287163273	2,244719559	1,386297523	0,646204769

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	61390,79579	944,9550729	1407,442827	756,4401401	87,95549079
carvão lignite	2320,052985	24,31059051	0	0	69,05694537
gás natural	11484,8679	594,889152	803,6446737	753,8407094	435,3580864
petróleo	70780,16932	87,83817762	355,0738212	219,2870627	246,0483342

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq / ton km				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq / ton				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	6,18033E-05	0,000386271	0,000324467	0,000324467	0,000169959
carvão lignite	5,59914E-05	0,000349946	0,000293955	0,000293955	0,000153976
gás natural	0,000845168	0,005282302	0,004437134	0,004437134	0,002324213
petróleo	0,010899178	0,068119865	0,057220686	0,057220686	0,029972741

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	17,1172215	0,100430341	0,028228651	0,028228651	0,016146109
carvão lignite	15,5075371	0,090985984	0,02557406	0,02557406	0,014627747
gás natural	234,0803335	1,373398587	0,386030649	0,386030649	0,220800234
petróleo	3018,668735	17,71116485	4,97819972	4,97819972	2,847410349

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	0,22192253	0	9,00549412	5,475886684	0,227803725
carvão lignite	0,009121493	0	0	0	0,17840079
gás natural	0,041586507	0	23,70465781	23,27344385	1,142349714
petróleo	0,263913069	0	7,33648995	6,435800508	0,661612384

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	61464,32136	0	1424,505434	866,1857118	86,73833712
carvão lignite	2526,315684	0	0	0	67,92772079
gás natural	11517,92224	0	3749,645872	3681,435664	434,9600276
petróleo	73094,14553	0	1160,499319	1018,026626	251,9149235

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
carvão hulha	-56,40835529	945,0555033	-17,03437776	-109,717343	1,233299778
carvão lignite	-190,7551621	24,40157649	0,02557406	0,02557406	1,143852322
gás natural	201,0259926	596,2625506	-2945,615168	-2927,208924	0,618858998
petróleo	704,6925285	105,5493425	-800,4472985	-793,7613634	-3,019178908

Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	145975,886	1651,992993	2566,161322	1729,567912	838,4188568
Transporte	3285,373827	19,27597976	5,41803308	5,41803308	3,098984438
Créditos	-148602,7048	0	-6334,650625	-5565,648002	-841,541009

	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Distância em km	40	250	210	210	110



PROCESSO					
Processo por ton residuo - unidade					
Alterações climáticas	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto		kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	251,4664707	949,5	2493,5676	1582,5014	224,9201772
CH <sub>4</sub>	5,097736797	59,3	197,241045	157,74581	13,28527436
N <sub>2</sub> O	0,265448005	28,3994	6,759705648	2,97037612	1,989077402
Processo para o total dos residuos - unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	69646898,81	290435,2941	394437,0567	250322,9487	85640,40004
CH <sub>4</sub>	1411884,288	18138,82353	31199,94712	24952,51904	5058,488861
N <sub>2</sub> O	73519,26593	8686,875294	1069,26253	469,8594953	757,3592842
TRANSPORTE					
Transporte por ton km - unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq / ton km		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009
Transporte para o total de km - unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq / ton		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	1,79035768	11,1897355	9,39937782	9,39937782	4,92348362
CH <sub>4</sub>	0,047151969	0,294699804	0,247547835	0,247547835	0,129667914
N <sub>2</sub> O	0,016280379	0,101752368	0,085471989	0,085471989	0,044771042
Transporte para o total de km e dos residuos- unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	495862,7678	2909,33123	817,7458703	817,7458703	467,7309439
CH <sub>4</sub>	13059,34895	76,62194906	21,53666168	21,53666168	12,31845181
N <sub>2</sub> O	4509,061982	26,45561573	7,436063068	7,436063068	4,253248991
CRÉDITOS					
Crédito por ton residuo - unidade					
Alterações climáticas	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto		kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	252,8761149	0	2999,595	2173,6567	225,9490743
CH <sub>4</sub>	5,123266168	0	308,637675	273,38225	13,29117398
N <sub>2</sub> O	0,281788595	0	6,811408648	3,299857704	2,050367545
Crédito para o total dos residuos - unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	70037318,04	0	474481,3909	343832,9689	86032,16194
CH <sub>4</sub>	1418954,978	0	48820,86859	43244,10136	5060,735193
N <sub>2</sub> O	78045,00434	0	1077,441004	521,9774914	780,6960627
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS					
Processo + transporte + crédito para o total dos residuos - unidade					
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	kg CO <sup>2</sup> eq		
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	105443,5322	293344,6253	-79226,58831	-92692,27431	75,96904887
CH <sub>4</sub>	5988,658756	18215,44548	-17599,38481	-18270,04567	10,07212048
N <sub>2</sub> O	-16,67642737	8713,33091	-0,742411477	-44,68193298	-19,08352951
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	71132302,36	317260,9929	426706,2664	275745,3273	91456,24819
Transporte	513431,1787	3012,408795	846,7185951	846,7185951	484,3026447
Créditos	-71534318,03	0	-524379,7005	-387599,0478	-91873,59319

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto		kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CH <sub>4</sub>	0,001223457	0,014232	0,047337851	0,037858994	0,003188466
SO <sub>2</sub>	0,007144499	0,082608	0	0	22,45602075
CO	0,004393906	0,212004	0,138122013	0,117981417	0,007526632

Processo para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	338,8522291	4,353317647	7,487987308	5,988604569	1,214037327
SO <sub>2</sub>	1978,761655	25,26832941	0	0	8550,33383
CO	1216,949249	64,84828235	21,8483911	18,66251501	2,865833652

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton km				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	1,13165E-05	7,0728E-05	5,94115E-05	5,94115E-05	3,11203E-05
SO <sub>2</sub>	7,12921E-05	0,000445575	0,000374283	0,000374283	0,000196053
CO	7,85628E-05	0,000491018	0,000412455	0,000412455	0,000216048

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CH <sub>4</sub>	3,134243748	0,018389268	0,005168799	0,005168799	0,002956428
SO <sub>2</sub>	19,74526057	0,1158496	0,032562649	0,032562649	0,018625051
CO	21,75899113	0,127664581	0,035883568	0,035883568	0,020524536

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto		kg Sb-eq * ton/ m <sup>3</sup> de Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CO <sub>2</sub>	0,001229584	0	0,074073042	0,06561174	0,003189882
CH <sub>4</sub>	0,007254414	0	0	0	22,45523356
N <sub>2</sub> O	0,00451339	0	0,199077577	0,174528581	0,01093164

Crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	340,5491947	0	0,074073042	0,06561174	0,003189882
CH <sub>4</sub>	2009,203962	0	0	0	22,45523356
N <sub>2</sub> O	1250,041916	0	0,199077577	0,174528581	0,01093164

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
CO <sub>2</sub>	1,437278102	4,371706915	-4,223852355	-4,38481096	0,002417309
CH <sub>4</sub>	-10,69704637	25,38417901	0,032562649	0,032562649	0,318353117
N <sub>2</sub> O	-11,33367585	64,97594693	-9,606178453	-8,908849615	-1,275963202

Formação de oxidantes fotoquímicos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
Processo	3534,563133	94,46992941	29,33637841	24,65111957	8554,413701
Transporte	44,63849545	0,261903449	0,073615015	0,073615015	0,042106016
Créditos	-3599,795073	0	-43,20746158	-37,98583252	-8555,411

PROCESSO					
Processo por ton resíduo - unidade					
Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,012827233	0	0,004672584	0,004804035	0,172418348
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,000445383	0,765	0,011341788	0,004983853	0,003337378
SO <sub>2</sub>	0,178612479	2,0652	0	0	561,4005187
Processo para o total dos resíduos - unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	3552,668397	0	0,739117757	0,759911023	65,64985166
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	123,354473	234	1,794064647	0,788354858	1,270737054
SO <sub>2</sub>	49469,04138	631,7082353	0	0	213758,3458
TRANSPORTE					
Transporte por ton km - unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05
Transporte para o total de km - unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,67908E-05	0,000104942	8,81516E-05	8,81516E-05	4,61747E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	2,73161E-05	0,000170725	0,000143409	0,000143409	7,51192E-05
SO <sub>2</sub>	0,001782302	0,011139385	0,009357083	0,009357083	0,004901329
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,650426882	0,027285033	0,007669193	0,007669193	0,004386594
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	7,565540238	0,044388617	0,012476616	0,012476616	0,007136324
SO <sub>2</sub>	493,6315143	2,896239996	0,814066227	0,814066227	0,465626276
CRÉDITOS					
Crédito por ton resíduo - unidade					
Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,012837879	0	0,005795418	0,006528504	0,172627659
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,0004728	0	0,011428538	0,005536674	0,003440214
SO <sub>2</sub>	0,181360347	0	0	0	561,3808391
Crédito para o total dos resíduos - unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	3555,617142	0	0,916729744	1,032690709	65,72954899
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	130,9479939	0	1,80778692	0,87580116	1,309892723
SO <sub>2</sub>	50230,09905	0	0	0	213750,8526
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS					
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade					
Potencial de acidificação			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,701682296	0,027285033	-0,169942794	-0,265110493	-0,075310735
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	-0,027980583	234,0443886	-0,001245657	-0,074969686	-0,032019345
SO <sub>2</sub>	-267,4261592	634,6044753	0,814066227	0,814066227	7,958827916
Potencial de acidificação					
Processo	53145,06425	865,7082353	2,533182404	1,54826588	213825,2663
Transporte	505,8474814	2,967913646	0,834212036	0,834212036	0,477149194
Créditos	-53916,66419	0	-2,724516664	-1,908491869	-213817,892

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,002805957	0	0,001022128	0,001050883	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,057225529	0,1989	1,164911943	0,858036595	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,000240507	0,025731	0,006124566	0,00269128	0,001802184
NO <sup>3-</sup>	3,17543E-07	0	0	0	1,08375E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	1,89798E-05	0	0	0	0,001042149
NO <sup>3-</sup>	0,00077672	0	5,98711E-06	7,32939E-06	0,007193199
CQO	0,001825481	0,0059378	0,0113638	0,016312762	0,006522755
N <sub>total</sub>	3,20556E-05	0,0139902	0	0	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,84964E-05	0	0	0	0,003716583
P	1,02347E-05	0,00371484	0	0	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,02450649	0,06328	0,01163514	0,007640734	0,229215151

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	777,1462119	0	0,161682009	0,166230536	14,36090505
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	15849,35211	60,84	184,2678892	135,7257887	26,63341406
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	66,61141544	7,870658824	0,96879491	0,425711623	0,686198009
NO <sup>3-</sup>	0,087947616	0	0	0	0,000412648
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	5,256715169	0	0	0	0,396807688
NO <sup>3-</sup>	215,1226779	0	0,000947052	0,001159376	2,738875659
CQO	505,5906629	1,816268235	1,797546602	2,580382416	2,483598373
N <sub>total</sub>	8,878209903	4,279355294	0	0	0,739380821
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	7,892445252	0	0	0	1,415122824
P	2,834640383	1,136304	0	0	0,33999367
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	6787,390177	19,35623529	1,8404676	1,208625228	87,27575013

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	3,67299E-06	2,29562E-05	1,92832E-05	1,92832E-05	1,01007E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,001896258	0,011851611	0,009955353	0,009955353	0,005214709
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,47507E-05	9,21917E-05	7,74411E-05	7,74411E-05	4,05644E-05
NO <sup>3-</sup>	3,81494E-10	2,38434E-09	2,00285E-09	2,00285E-09	1,04911E-09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	7,14516E-09	4,46572E-08	3,75121E-08	3,75121E-08	1,96492E-08
NO <sup>3-</sup>	3,55444E-07	2,22152E-06	1,86608E-06	1,86608E-06	9,7747E-07
CQO	0,000110777	0,000692358	0,000581581	0,000581581	0,000304638
N <sub>total</sub>	1,36929E-06	8,55805E-06	7,18876E-06	7,18876E-06	3,76554E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	7,98282E-07	4,98926E-06	4,19098E-06	4,19098E-06	2,19527E-06
P	4,23827E-07	2,64892E-06	2,22509E-06	2,22509E-06	1,16553E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	6,44553E-07	4,02845E-06	3,3839E-06	3,3839E-06	1,77252E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,017280881	0,005968601	0,001677636	0,001677636	0,000959567
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	525,1931478	3,081418743	0,866115699	0,866115699	0,495397321
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	4,085391728	0,023969853	0,006737373	0,006737373	0,003853615
NO <sup>3-</sup>	0,00010566	6,19928E-07	1,74248E-07	1,74248E-07	9,96654E-08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0

P	0,001978944	1,16109E-05	3,26355E-06	3,26355E-06	1,86667E-06
NO <sup>3-</sup>	0,098444757	0,000577596	0,000162349	0,000162349	9,28597E-05
CQO	30,68122253	0,180013191	0,050597554	0,050597554	0,028940582
N <sub>total</sub>	0,379241898	0,002225092	0,000625422	0,000625422	0,000357726
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,221094434	0,001297208	0,000364615	0,000364615	0,000208551
P	0,117384508	0,00068872	0,000193583	0,000193583	0,000110725
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,178517176	0,001047398	0,000294399	0,000294399	0,000168389

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,002808286	0	0,001267748	0,00142811	0,0377623
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,0591801	0	1,43140348	1,135437134	0,072805799
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,000255312	0	0,006171411	0,002989804	0,001857716
NO <sup>3-</sup>	3,47592E-07	0	0	0	1,06961E-06
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0
P	1,85108E-05	0	0	0	0,00104082
NO <sup>3-</sup>	0,000800445	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0,007658922
CQO	0,001953347	0	0,021497946	0,031909117	0,006763172
N <sub>total</sub>	3,37958E-05	0	0	0	0,001941335
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,03446E-05	0	0	0	0,003717301
P	1,06836E-05	0	0	0	0,000907515
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,025274173	0	0,015192594	0,011598023	0,225629932

Crédito para o total dos resíduos - unidade

kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

**1º caso de estudo - 1.3 cenário de tratamento/ incineração**

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,013514031	0,053384544	0,041961556
carvão lignite	0,002773987	0,046200257	0,010339442
gás natural	0,033979202	0,074177832	0,105210692
petróleo	0,019505286	0,040341818	0,030792947

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	1,283832975	4,644455335	0,083923112
carvão lignite	0,263528797	4,019422357	0,020678883
gás natural	3,228024144	6,453471345	0,210421385
petróleo	1,85300221	3,509738128	0,061585893

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,000169959	0,000169959	0,000169959
carvão lignite	0,000153976	0,000153976	0,000153976
gás natural	0,002324213	0,002324213	0,002324213
petróleo	0,029972741	0,029972741	0,029972741

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,016146109	0,014786436	0,000339918
carvão lignite	0,014627747	0,013395936	0,000307953
gás natural	0,220800234	0,20220653	0,004648426
petróleo	2,847410349	2,607628425	0,059945481

**CRÉDITOS**

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq/ MJ		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,000527001	0,000527001	0,000527001
carvão lignite	3,55961E-06	3,55961E-06	3,55961E-06
gás natural	0,000457824	0,000457824	0,000457824
petróleo	0,00016439	0,00016439	0,00016439

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq / ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,685101303	1,833963488	13,60716588
carvão lignite	0,004627487	0,012387428	0,091909019
gás natural	0,595171792	1,593229105	11,82102744
petróleo	0,213707244	0,572077853	4,244554645

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	65,08462377	159,5548234	27,21433175
carvão lignite	0,439611302	1,077706216	0,183818037
gás natural	56,54132025	138,6109321	23,64205488
petróleo	20,30218817	49,77077321	8,489109289

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	-63,78464469	-154,8955817	-27,13006872
carvão lignite	-0,161454758	2,955112078	-0,162831201
gás natural	-53,09249587	-131,9552543	-23,42698507
petróleo	-15,60177561	-43,65340665	-8,367577915

Depleção de recursos abióticos	Madeira	Plástico	Óleo usado
Processo	6,628388128	18,62708717	0,376609274
Transporte	3,098984438	2,838017328	0,065241778
Créditos	-142,3677435	-349,014235	-59,52931396

Factor de regressar vazio	1,74		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
Quantidade em ton	95	87	2
Distância em km	110	110	110
Net energy produced in MSWI (MJ/ kg)	1,30	3,48	25,82
Net energy produced in MSWI (MJ/ ton)	1300	3480	25820

PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	10,181774	2332,2184	2850,8543
CH <sub>4</sub>	528,5287246	1548,828714	1,525663085
N <sub>2</sub> O	1,269141472	7,903195718	0,091551614
Processo para o total dos resíduos - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	967,26853	202903,0008	5701,7086
CH <sub>4</sub>	50210,22883	134748,0982	3,051326171
N <sub>2</sub> O	120,5684398	687,5780275	0,183103227
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009
Transporte para o total de km - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	4,92348362	4,92348362	4,92348362
CH <sub>4</sub>	0,129667914	0,129667914	0,129667914
N <sub>2</sub> O	0,044771042	0,044771042	0,044771042
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	467,7309439	428,3430749	9,84696724
CH <sub>4</sub>	12,31845181	11,2811085	0,259335828
N <sub>2</sub> O	4,253248991	3,895080655	0,089542084
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade			
Depleção de recursos abióticos	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	0,15641175	0,15641175	0,15641175
CH <sub>4</sub>	0,006482601	0,006482601	0,006482601
N <sub>2</sub> O	0,001525605	0,001525605	0,001525605
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	203,335275	544,31289	4038,551385
CH <sub>4</sub>	8,427381463	22,55945192	167,380761
N <sub>2</sub> O	1,983286668	5,30910585	39,39112444
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	19316,85113	47355,22143	8077,10277
CH <sub>4</sub>	800,6012389	1962,672317	334,7615221
N <sub>2</sub> O	188,4122335	461,892209	78,78224888
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade			
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
CO <sub>2</sub>	-17881,85165	155976,1224	-2365,547203
CH <sub>4</sub>	49421,94605	132796,7069	-331,4508601
N <sub>2</sub> O	-63,59054465	229,5808991	-78,50960357
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Óleo usado
Processo	51298,0658	338338,677	5704,943029
Transporte	484,3026447	443,5192641	10,19584515
Créditos	-20305,8646	-49779,78596	-8490,646541

PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	0,126846894	0,371718891	0,000366159
SO <sub>2</sub>	0,000616729	0,003766593	0,001820598
CO	0,006835494	0,006807718	0,001947953
Processo para o total dos resíduos - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	12,05045492	32,33954356	0,000732318
SO <sub>2</sub>	0,058589283	0,327693581	0,003641196
CO	0,649371962	0,592271429	0,003895905
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06
Transporte para o total de km - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq /ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	3,11203E-05	3,11203E-05	3,11203E-05
SO <sub>2</sub>	0,000196053	0,000196053	0,000196053
CO	0,000216048	0,000216048	0,000216048
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	0,002956428	0,002707466	6,22406E-05
SO <sub>2</sub>	0,018625051	0,017056626	0,000392106
CO	0,020524536	0,018796154	0,000432096
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq /Mj		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	1,55582E-06	1,55582E-06	1,55582E-06
SO <sub>2</sub>	3,86343E-05	3,86343E-05	3,86343E-05
CO	1,13192E-06	1,13192E-06	1,13192E-06
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	0,002022572	0,005414268	0,040171383
SO <sub>2</sub>	0,050224564	0,134447296	0,997537118
CO	0,001471498	0,003939088	0,029226221
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	0,192144297	0,471041356	0,080342765
SO <sub>2</sub>	4,77133362	11,69691471	1,995074236
CO	0,139792345	0,34270065	0,058452443
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade			
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
CH <sub>4</sub>	11,86126705	31,87120967	-0,079548206
SO <sub>2</sub>	-4,694119285	-11,3521645	-1,991040934
CO	0,530104154	0,268366934	-0,054124442
Formação de oxidantes fotoquímicos	Madeira	Plástico	Óleo usado
Processo	12,75841617	33,25950857	0,00826942
Transporte	0,042106016	0,038560246	0,000886442
Créditos	-5,103270261	-12,51065672	-2,133869444



PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,013976932	0,021429064	0,022267605
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,002129432	0,013260396	0,00015361
SO <sub>2</sub>	0,015418232	0,094164822	0,045514948
Processo para o total dos resíduos - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	1,32780854	1,864328568	0,04453521
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,20229604	1,153654409	0,00030722
SO <sub>2</sub>	1,464732078	8,192339514	0,091029895
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05
Transporte para o total de km - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	4,61747E-05	4,61747E-05	4,61747E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	7,51192E-05	7,51192E-05	7,51192E-05
SO <sub>2</sub>	0,004901329	0,004901329	0,004901329
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,004386594	0,004017196	9,23493E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,007136324	0,00653537	0,000150238
SO <sub>2</sub>	0,465626276	0,426415642	0,009802658
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ Mj		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06	2,55974E-06
SO <sub>2</sub>	0,000965857	0,000965857	0,000965857
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112	0,16191746
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896	0,066092491
SO <sub>2</sub>	1,25561411	3,361182388	24,93842795
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,774469646	1,89861077	0,323834919
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,316127909	0,774986928	0,132184981
SO <sub>2</sub>	119,2833405	292,4228677	49,87685589
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,557725488	-0,030265005	-0,27920736
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	-0,106695545	0,385202851	-0,131727523
SO <sub>2</sub>	-117,3529821	-283,8041126	-49,77602334
Potencial de acidificação	Madeira	Plástico	Óleo usado
Processo	2,994836658	11,21032249	0,135872325
Transporte	0,477149194	0,436968209	0,010045246
Créditos	-120,373938	-295,0964654	-50,33287579

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,003057454	0,004687608	0,004871039
No <sub>x</sub> ,incluindo NO <sub>2</sub>	0,04828487	74,524008	0,029644451
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,001149893	0,007160614	8,29494E-05
NO <sup>3-</sup>	2,11425E-08	2,67202E-07	7,19418E-08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	0,00033414	6,08372E-06	0,001611461
NO <sup>3-</sup>	0,004820403	0,030290415	0,000154561
CQO	0,218524042	0,34466938	0,279639228
N <sub>total</sub>	0,028278081	0,00015336	0,000176767
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,38382E-06	0,000233446	7,10286E-05
P	4,26664E-06	4,35233E-05	0,000277581
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,014229186	0,00193198	0,54661643

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,290458118	0,407821874	0,009742077
No <sub>x</sub> ,incluindo NO <sub>2</sub>	4,587062688	6483,588696	0,059288902
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,109239862	0,622973381	0,000165899
NO <sup>3-</sup>	2,00854E-06	2,32465E-05	1,43884E-07
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	0,031743274	0,000529283	0,003222922
NO <sup>3-</sup>	0,457938304	2,635266105	0,000309122
CQO	20,75978399	29,98623606	0,559278456
N <sub>total</sub>	2,686417701	0,013342308	0,000353534
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000891463	0,020309789	0,000142057
P	0,000405331	0,003786531	0,000555163
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,35177267	0,168082295	1,09323286

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> ,incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	1,01007E-05	1,01007E-05	1,01007E-05
No <sub>x</sub> ,incluindo NO <sub>2</sub>	0,005214709	0,005214709	0,005214709
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	4,05644E-05	4,05644E-05	4,05644E-05
NO <sup>3-</sup>	1,04911E-09	1,04911E-09	1,04911E-09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	1,96492E-08	1,96492E-08	1,96492E-08
NO <sup>3-</sup>	9,7747E-07	9,7747E-07	9,7747E-07
CQO	0,000304638	0,000304638	0,000304638
N <sub>total</sub>	3,76554E-06	3,76554E-06	3,76554E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,19527E-06	2,19527E-06	2,19527E-06
P	1,16553E-06	1,16553E-06	1,16553E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,77252E-06	1,77252E-06	1,77252E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,000959567	0,000878762	2,02014E-05
No <sub>x</sub> ,incluindo NO <sub>2</sub>	0,495397321	0,453679652	0,010429417
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,003853615	0,0035291	8,11287E-05
NO <sup>3-</sup>	9,96654E-08	9,12725E-08	2,09822E-09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	1,86667E-06	1,70948E-06	3,92984E-08

NO <sup>3-</sup>	9,28597E-05	8,50399E-05	1,95494E-06
CQO	0,028940582	0,026503481	0,000609275
N <sub>total</sub>	0,000357726	0,000327602	7,53108E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000208551	0,000190989	4,39055E-06
P	0,000110725	0,000101401	2,33105E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000168389	0,000154209	3,54504E-06

### CRÉDITOS

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / MJ		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06	2,55974E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000965857	0,000965857	0,000965857
N <sub>2</sub> O	1,37178E-06	1,37178E-06	1,37178E-06
NO <sup>3-</sup>	5,51568E-05	5,51568E-05	5,51568E-05
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,38226E-06	1,38226E-06	1,38226E-06
P	2,98058E-10	2,98058E-10	2,98058E-10
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	1,6274E-07	1,6274E-07	1,6274E-07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,13442E-06	4,13442E-06	4,13442E-06
P	2,5562E-06	2,5562E-06	2,5562E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5,01905E-07	5,01905E-07	5,01905E-07

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112	0,16191746
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896	0,066092491
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,25561411	3,361182388	24,93842795
N <sub>2</sub> O	0,001783318	0,004773806	0,035419444
NO <sup>3-</sup>	0,071703896	0,191945815	1,424149694
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,001796938	0,004810264	0,035689945
P	3,87476E-07	1,03724E-06	7,69587E-06
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	0,000211562	0,000566334	0,004201938
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,005374752	0,014387797	0,106750841
P	0,003323064	0,008895587	0,066001164
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000652476	0,001746628	0,012959179

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	0,774469646	1,89861077	0,323834919
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,316127909	0,774986928	0,132184981
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	119,2833405	292,4228677	49,87685589
N <sub>2</sub> O	0,169415235	0,415321106	0,070838889
NO <sup>3-</sup>	6,811870148	16,69928588	2,848299388
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,170709071	0,418492941	0,07137989
P	3,68102E-05	9,02401E-05	1,53917E-05
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	0,020098347	0,049271058	0,008403876
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,510601426	1,251738362	0,213501681
P	0,315691083	0,773916051	0,132002328
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,061985228	0,151956661	0,025918358

### PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Óleo usado
NH <sub>3</sub>	-0,483051961	-1,489910134	-0,314072641
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,7663321	6483,267389	-0,062466662
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-119,2833405	-292,4228677	-49,87685589
N <sub>2</sub> O	-0,056321759	0,211181375	-0,070591861
NO <sup>3-</sup>	-6,811868039	-16,69926254	-2,848299242
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,170709071	-0,418492941	-0,07137989
P	0,031708331	0,000440753	0,003207569
NO <sup>3-</sup>	0,458031164	2,635351145	0,000311077
CQO	20,78872457	30,01273954	0,559887731
N <sub>total</sub>	2,66667708	-0,035601148	-0,008042811
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,509501411	-1,231237584	-0,213355234
P	-0,315175027	-0,770028119	-0,131444834
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,289955832	0,016279843	1,067318047

Potencial de eutrofização	Madeira	Plástico	Óleo usado
Processo	30,27571541	6517,447067	1,726291136
Transporte	0,530091303	0,485452035	0,011159817
Créditos	-128,4343454	-314,8565377	-53,70323559

1º caso de estudo - 1.3 cenário de tratamento/ incineração

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	0,000102372	0,000102372	0,013920593	0,000102372
carvão lignite	9,18045E-05	9,18045E-05	0,002834827	9,18045E-05
gás natural	0,000558992	0,000558992	0,034724603	0,000558992
petróleo	0,015082454	0,015082454	0,030347903	0,015082454

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	26,79371206	0,026616609	1,322456305	0,008906327
carvão lignite	24,0279871	0,023869165	0,269308595	0,00798699
gás natural	146,3050098	0,145337953	3,298837282	0,048632315
petróleo	3947,530602	3,921437958	2,883050746	1,31217347

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	3,09016E-05	3,09016E-05	3,09016E-05	3,09016E-05
carvão lignite	2,79957E-05	2,79957E-05	2,79957E-05	2,79957E-05
gás natural	0,000422584	0,000422584	0,000422584	0,000422584
petróleo	0,005449589	0,005449589	0,005449589	0,005449589

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	8,087887158	0,008034427	0,002935656	0,002688443
carvão lignite	7,327311278	0,007278879	0,002659599	0,002435625
gás natural	110,6029576	0,109871887	0,040145497	0,036764824
petróleo	1426,320977	1,416893188	0,517710972	0,474114259

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado			
---------	-----------------	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos				
carvão hulha	34,88159922	0,034651037	1,325391961	0,01159477
carvão lignite	31,35529838	0,031148044	0,271968185	0,010422615
gás natural	256,9079674	0,25520984	3,338982779	0,085397139
petróleo	5373,85158	5,338331145	3,400761719	1,786287729

Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Processo	4144,657311	4,117261686	7,773652927	1,377699102
Transporte	1552,339133	1,542078381	0,563451716	0,516003151
Créditos	0	0	0	0

Factor de regressar vazio	1,74			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Quantidade em ton	261.730	260	95	87
Distância em km	20	20	20	20

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton resíduo			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	2,3859862	2,3859862	11611,57	0,001061714	
CH <sub>4</sub>	0,033426916	0,033426916	738,99956	0,033426916	
N <sub>2</sub> O	0,024011965	0,024011965	1279,070087	0,024011965	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	624484,1681	620,356412	1103099,15	0,092369075	
CH <sub>4</sub>	8748,826823	8,690998258	70204,9582	2,908114725	
N <sub>2</sub> O	6284,65154	6,243110841	121511,6583	2,089040935	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton km			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	

Transporte para o total de km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	0,89517884	0,89517884	0,89517884	0,89517884	
CH <sub>4</sub>	0,023575984	0,023575984	0,023575984	0,023575984	
N <sub>2</sub> O	0,008140189	0,008140189	0,008140189	0,008140189	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg CO <sup>2</sup> eq			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	234295,1578	232,7464984	85,0419898	77,88055908	
CH <sub>4</sub>	6170,542378	6,129755925	2,239718511	2,051110636	
N <sub>2</sub> O	2130,531786	2,116449259	0,773317998	0,708196483	

**CRÉDITOS**

Crédito Não considerado

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq			
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	
CO <sub>2</sub>	858779,3259	853,1029104	1103184,192	77,97292815	
CH <sub>4</sub>	14919,3692	14,82075418	70207,19792	4,959252361	
N <sub>2</sub> O	8415,183327	8,3595601	121512,4316	2,797237418	

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Processo	639517,6465	635,2905211	1294815,766	5,089551735
Transporte	242596,232	240,9927036	88,05502631	80,6398662
Créditos	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq /ton resíduo			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		8,02246E-06	8,02246E-06	0,177359894	8,02246E-06
SO <sub>2</sub>		0,000168076	0,000168076	0,674969664	0,000168076
CO		0,000200076	0,000200076	6,958861281	0,000200076

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		2,099718438	0,00208584	16,84918997	0,000697954
SO <sub>2</sub>		43,99054614	0,043699775	64,12211808	0,014622617
CO		52,36580245	0,052019672	661,0918217	0,017406582

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg Sb-eq /ton km			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>		1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO		1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade		kg Sb-eq /ton			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06
SO <sub>2</sub>		3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05
CO		3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg Sb-eq			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		1,480930171	0,001471141	0,000537532	0,000492267
SO <sub>2</sub>		9,32963562	0,009267968	0,003386373	0,003101205
CO		10,28112331	0,010213166	0,003731734	0,003417483

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado			
---------	-----------------	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq			
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>		3,580648608	0,003556981	16,8497275	0,001190221
SO <sub>2</sub>		53,32018176	0,052967743	64,12550445	0,017723822
CO		62,64692576	0,062232838	661,0955534	0,020824065

Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Processo		98,45606703	0,097805286	742,0631297	0,032727153
Transporte		21,0916891	0,020952276	0,007655639	0,007010954
Créditos		0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	2,51808E-05	2,51808E-05	13,99603696	2,51808E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,02885E-05	4,02885E-05	2,14609075	4,02885E-05
SO <sub>2</sub>	0,004201901	0,004201901	16,8742416	0,004201901

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	6,590583347	0,00654702	1329,623511	0,002190734
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	10,54471735	0,010475018	203,8786213	0,003505102
SO <sub>2</sub>	1099,763653	1,092494364	1603,052952	0,365565422

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
SO <sub>2</sub>	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05
SO <sub>2</sub>	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,480930171	0,001471141	0,000537532	0,000492267
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	9,32963562	0,009267968	0,003386373	0,003101205
SO <sub>2</sub>	10,28112331	0,010213166	0,003731734	0,003417483

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado
---------	-----------------

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	8,071513518	0,008018162	1329,624049	0,002683
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	19,87435297	0,019742986	203,8820076	0,006606307
SO <sub>2</sub>	1110,044777	1,10270753	1603,056684	0,368982904

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Processo	1116,898954	1,109516403	3136,555084	0,371261258
Transporte	21,0916891	0,020952276	0,007655639	0,007010954
Créditos	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo			
Potencial de eutrofização		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	5,50831E-06	3,061633085	5,50831E-06	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,003743985	50,2765055	0,003743985	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	2,17558E-05	1,158889005	2,17558E-05	
NO <sup>3-</sup>	7,31423E-10	7,31423E-10	2,26428E-05	7,31423E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	
P	3,45184E-08	3,45184E-08	0,334163995	3,45184E-08	
NO <sup>3-</sup>	5,41637E-07	5,41637E-07	4,8311252	5,41637E-07	
CQO	0,000229355	0,000229355	219,0766534	0,000229355	
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	2,33884E-06	0,034453338	2,33884E-06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	1,1911E-06	0,009985571	1,1911E-06	
P	6,31974E-07	6,31974E-07	0,004914246	1,10447E-05	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	8,60717E-06	14,246024	8,60717E-06	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			
Potencial de eutrofização		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,441690107	0,001432161	290,8551431	0,000479223	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	979,913071	0,973435978	4776,268023	0,325726654	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	5,694147369	0,00565651	110,0944555	0,001892755	
NO <sup>3-</sup>	0,000191435	1,9017E-07	0,002151068	6,36338E-08	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	
P	0,009034499	8,97478E-06	31,74557954	3,0031E-06	
NO <sup>3-</sup>	0,141762673	0,000140826	458,956894	4,71224E-05	
CQO	60,02899045	0,059632207	20812,28207	0,019953854	
N <sub>total</sub>	0,612145531	0,000608099	3,273067144	0,000203479	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,311746703	0,000309686	0,948629243	0,000103626	
P	0,165406434	0,000164313	0,466853357	0,000960893	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,252754081	0,002237864	1353,37228	0,000748824	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km			
Potencial de eutrofização		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	

Transporte para o total de km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton			
Potencial de eutrofização		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,83649E-06	1,83649E-06	1,83649E-06	1,83649E-06	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,000948129	0,000948129	0,000948129	0,000948129	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	7,37534E-06	7,37534E-06	7,37534E-06	7,37534E-06	
NO <sup>3-</sup>	1,90747E-10	1,90747E-10	1,90747E-10	1,90747E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	
P	3,57258E-09	3,57258E-09	3,57258E-09	3,57258E-09	
NO <sup>3-</sup>	1,77722E-07	1,77722E-07	1,77722E-07	1,77722E-07	
CQO	5,53887E-05	5,53887E-05	5,53887E-05	5,53887E-05	
N <sub>total</sub>	6,84644E-07	6,84644E-07	6,84644E-07	6,84644E-07	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,99141E-07	3,99141E-07	3,99141E-07	3,99141E-07	
P	2,11914E-07	2,11914E-07	2,11914E-07	2,11914E-07	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,22276E-07	3,22276E-07	3,22276E-07	3,22276E-07	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			
Potencial de eutrofização		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,480665216	0,000477488	0,000174467	0,000159775	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	248,1537623	0,246513499	0,09007224	0,082487209	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	1,930347592	0,001917588	0,000700657	0,000641655	
NO <sup>3-</sup>	4,99243E-05	4,95943E-08	1,8121E-08	1,6595E-08	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	



P	0,000935051	9,28871E-07	3,39395E-07	3,10814E-07
NO <sup>3-</sup>	0,046515148	4,62077E-05	1,68836E-05	1,54618E-05
CQO	14,49687765	0,014401055	0,005261924	0,004818815
N <sub>total</sub>	0,179191797	0,000178007	6,50412E-05	5,9564E-05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,10446712	0,000103777	3,79184E-05	3,47252E-05
P	0,05546418	5,50976E-05	2,01318E-05	1,84365E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,084349366	8,37918E-05	3,06162E-05	2,8038E-05

**CRÉDITOS**

Crédito Não considerado

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,922355323	0,001909649	290,8553175	0,000638998
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1228,066833	1,219949477	4776,358095	0,408213864
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	7,62449496	0,007574098	110,0951561	0,00253441
NO <sup>3-</sup>	0,00024136	2,39764E-07	0,002151086	8,02288E-08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0
P	0,009969551	9,90365E-06	31,74557988	3,31391E-06
NO <sup>3-</sup>	0,188277821	0,000187033	458,9569109	6,25842E-05
CQO	74,5258681	0,074033262	20812,28733	0,024772668
N <sub>total</sub>	0,791337328	0,000786107	3,273132185	0,000263043
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,416213823	0,000413463	0,948667161	0,000138351
P	0,220870614	0,000219411	0,466873489	0,00097933
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,337103446	0,002321656	1353,372311	0,000776862

Formação de oxidantes fotoquímicos	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico
Processo	1050,57094	1,043626808	27838,26515	0,350119497
Transporte	265,5326254	0,263777491	0,096380237	0,088264006
Créditos	0	0	0	0

2º caso de estudo - 2.1 cenário de tratamento/ situação real

PROCESSO						
Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0,000102372	3,0892762	8,897627068	4,78209284	-1,101777775	0,231000376
carvão lignite	9,18045E-05	0,079476931	0	0	-0,06963489	0,181366509
gás natural	0,000558992	1,94482992	5,080512305	4,765659657	0,335768882	1,143395149
petróleo	0,015082454	0,287163273	2,244719559	1,386297523	-0,669999993	0,646204769

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0,310595355	228,9698831	9,706502256	5,216828553	-2,623280416	145,3580216
carvão lignite	0,278534799	5,890643084	0	0	-0,165797358	114,1256887
gás natural	1,695982118	144,1462176	5,54237706	5,198901444	0,79944972	719,4865217
petróleo	45,76016447	21,28386612	2,448784973	1,51232457	-1,595238079	406,6272471

TRANSPORTE						
Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	3,09016E-05	0,000176139	4,63525E-05	4,63525E-05	4,63525E-05	0,000193135
carvão lignite	2,79957E-05	0,000159575	4,19935E-05	4,19935E-05	4,19935E-05	0,000174973
gás natural	0,000422584	0,00240873	0,000633876	0,000633876	0,000633876	0,002641151
petróleo	0,005449589	0,031062658	0,008174384	0,008174384	0,008174384	0,034059932

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0,093755586	0,01109678	2,78115E-05	2,78115E-05	0,000115881	0,030322238
carvão lignite	0,084938916	0,010053251	2,51961E-05	2,51961E-05	0,000104984	0,027470768
gás natural	1,282120404	0,151749979	0,000380326	0,000380326	0,001584691	0,414660727
petróleo	16,53405358	1,956947476	0,00490463	0,00490463	0,020435959	5,347409387

CRÉDITOS						
Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0	0	9,00549412	5,475886684	0	0,227803725
carvão lignite	0	0	0	0	0	0,17840079
gás natural	0	0	23,70465781	23,27344385	0	1,142349714
petróleo	0	0	7,33648995	6,435800508	0	0,661612384

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0	0	9,824175404	5,973694564	0	143,346515
carvão lignite	0	0	0	0	0	112,2594965
gás natural	0	0	25,8596267	25,38921148	0	718,8286772
petróleo	0	0	8,003443582	7,020873281	0	416,3225577

PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS						
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0,404350942	228,9809798	-0,117645336	-0,7568382	-2,623164535	2,041828828
carvão lignite	0,363473714	5,900696335	2,51961E-05	2,51961E-05	-0,165692374	1,893662961
gás natural	2,978102522	144,2979676	-20,31686932	-20,18992971	0,80103441	1,07250521
petróleo	62,29421806	23,24081359	-5,549753978	-5,503644081	-1,57480212	-4,347901279
Depleção de recursos abióticos						
Processo	48,04527675	400,2906099	17,69766429	11,92805457	-3,584866134	1385,597479
Transporte	17,99486849	2,129847487	0,005337964	0,005337964	0,022241515	5,81986312
Créditos	0	0	-43,68724569	-38,38377932	0	-1390,757246

Factor de regressar vazio	1,74					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Quantidade em ton	3.034	63	1	1	3	157
Distância em km	20	114	30	30	30	125
Quantidade de produto produzido a partir do resíduo	3.211	74	1	1	2	629

PROCESSO							
Processo por ton residuo - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq / ton residuo		kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto			kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		2,3859862	949,5	2493,5676	1582,5014	-375,55556	224,9201772
CH <sub>4</sub>		0,033426916	5,93E+01	197,241045	157,74581	-0,111111111	13,28527436
N <sub>2</sub> O		0,024011965	28,3994	6,759705648	2,97037612	-0,2384	1,989077402

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		7239,082131	70374,70588	2720,255564	1726,365164	-894,1799048	141532,0295
CH <sub>4</sub>		101,4172643	4395,176471	215,1720491	172,0863382	-0,264550262	8359,818434
N <sub>2</sub> O		72,85230112	2104,896706	7,374224343	3,240410313	-0,567619048	1251,63587

TRANSPORTE							
Transporte por ton km - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq / ton km					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>		0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O		0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009

Transporte para o total de km - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq / ton					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		0,89517884	5,102519388	1,34276826	1,34276826	1,34276826	5,59486775
CH <sub>4</sub>		0,023575984	0,134383111	0,035363976	0,035363976	0,035363976	0,147349902
N <sub>2</sub> O		0,008140189	0,04639908	0,012210284	0,012210284	0,012210284	0,050876184

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		2715,972601	321,4587214	0,805660956	0,805660956	3,35692065	878,3942368
CH <sub>4</sub>		71,52953645	8,466135972	0,021218386	0,021218386	0,088409941	23,13393462
N <sub>2</sub> O		24,69733481	2,923142034	0,007326171	0,007326171	0,03052571	7,987560904

CRÉDITOS							
Crédito por ton residuo - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq / ton residuo		kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto			kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Alterações climáticas			Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		0	0	2999,595	2173,6567	0	225,9490743
CH <sub>4</sub>		0	0	308,637675	273,38225	0	13,29117398
N <sub>2</sub> O		0	0	6,811408648	3,299857704	0	2,050367545

Crédito para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		0	0	3272,285455	2371,261855	0	142179,4676
CH <sub>4</sub>		0	0	336,6956455	298,2351818	0	8363,530792
N <sub>2</sub> O		0	0	7,430627616	3,599844768	0	1290,202967
		0					

PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS							
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sub>2</sub> eq					
Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CO <sub>2</sub>		9955,054731	70696,1646	-551,22423	-644,09103	-890,8229841	230,9561576
CH <sub>4</sub>		172,9468007	4403,642607	-121,502378	-126,1276253	-0,176140321	19,42157653
N <sub>2</sub> O		97,54963593	2107,819848	-0,049077102	-0,352108285	-0,537093337	-30,5795362

Alterações climáticas		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo		7413,351696	76874,77906	2942,801837	1901,691912	-895,0120741	151143,4839
Transporte		2812,199472	332,8479994	0,834205512	0,834205512	3,475856302	909,5157323
Créditos		0	0	-3616,411728	-2673,096881	0	-151833,2014

PROCESSO						
Processo por ton residuo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton residuo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	8,02246E-06	0,014232	0,047337851	0,037858994	-2,66667E-05	0,003188466
SO <sub>2</sub>	0,000168076	0,082608	0	0	0	22,45602075
CO	0,00020491	0,212004	0,138122013	0,117981417	-0,031200001	0,007526632

Processo para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	0,024340143	1,054842353	0,051641292	0,041300721	-6,34921E-05	2,006356424
SO <sub>2</sub>	0,509942754	6,122710588	0	0	0	14130,5517
CO	0,62169656	15,71323765	0,150678559	0,128707	-0,074285717	4,736167194

TRANSPORTE						
Transporte por ton km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	5,65824E-06	3,22519E-05	8,48735E-06	8,48735E-06	8,48735E-06	3,5364E-05
SO <sub>2</sub>	3,5646E-05	0,000203182	5,3469E-05	5,3469E-05	5,3469E-05	0,000222788
CO	3,92814E-05	0,000223904	5,89221E-05	5,89221E-05	5,89221E-05	0,000245509

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	0,017167089	0,002031873	5,09241E-06	5,09241E-06	2,12184E-05	0,005552144
SO <sub>2</sub>	0,108150057	0,01280049	3,20814E-05	3,20814E-05	0,000133673	0,034977668
CO	0,119179796	0,014105954	3,53533E-05	3,53533E-05	0,000147305	0,038544883

CRÉDITOS						
Crédito por ton residuo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton residuo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	0	0	0,074073042	0,06561174	0	0,003189882
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	22,45523356
CO	0	0	0,199077577	0,174528581	0	0,01093164

Crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	0	0	0,080806955	0,071576444	0	2,00724739
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	14130,05636
CO	0	0	0,217175539	0,190394815	0	6,878783773

PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS						
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
CH <sub>4</sub>	0,041507232	1,056874226	-0,029160571	-0,03027063	-4,22737E-05	0,004661178
SO <sub>2</sub>	0,618092811	6,135511078	3,20814E-05	3,20814E-05	0,000133673	0,530317734
CO	0,740876356	15,7273436	-0,066461626	-0,061652462	-0,074138412	-2,104071695

Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	1,155979457	22,89079059	0,202319851	0,170007721	-0,074349209	14137,29422
Transporte	0,244496942	0,028938316	7,25271E-05	7,25271E-05	0,000302196	0,079074695
Créditos	0	0	-0,297982494	-0,261971259	0	-14138,94239

PROCESSO							
Processo por ton resíduo - unidade	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	2,51808E-05	0	0,004672584	0,004804035	-0,126542222	0,172418348	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,02885E-05	0,765	0,011341788	0,004983853	-0,0004	0,003337378	
SO <sub>2</sub>	0,004201901	2,0652	0	0	0	561,4005187	

Processo para o total dos resíduos - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,076398693	0	0,005097364	0,005240766	-0,301291006	108,495018	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,122235405	56,7	0,01237286	0,00543693	-0,000952381	2,100060184	
SO <sub>2</sub>	12,74856885	153,0677647	0	0	0	353263,7925	

TRANSPORTE							
Transporte por ton km - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	

Transporte para o total de km - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	8,39539E-06	4,78538E-05	1,25931E-05	1,25931E-05	1,25931E-05	5,24712E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,3658E-05	7,78508E-05	2,04871E-05	2,04871E-05	2,04871E-05	8,53627E-05	
SO <sub>2</sub>	0,000891151	0,005079559	0,001336726	0,001336726	0,001336726	0,005569692	

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,025471628	0,003014786	7,55586E-06	7,55586E-06	3,14827E-05	0,008237981	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,041438481	0,004904601	1,22922E-05	1,22922E-05	5,12176E-05	0,013401948	
SO <sub>2</sub>	2,70375143	0,320012241	0,000802036	0,000802036	0,003341815	0,874441691	

CRÉDITOS							
Crédito por ton resíduo - unidade	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0	0	0,005795418	0,006528504	0	0,172627659	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	0,011428538	0,005536674	0	0,003440214	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	561,3808391	

Crédito para o total dos resíduos - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0	0	0,006322274	0,007122005	0	108,6267283	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	0,012467496	0,006040008	0	2,164770078	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	353251,409	

PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS							
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade							
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,101870321	0,003014786	-0,001217354	-0,001873683	-0,301259523	-0,123472342	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,163673886	56,7049046	-8,23441E-05	-0,000590786	-0,000901163	-0,051307947	
SO <sub>2</sub>	15,45232028	153,3877769	0,000802036	0,000802036	0,003341815	13,25794335	

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
Processo	12,94720295	209,7677647	0,017470223	0,010677696	-0,302243387	353374,3875	
Transporte	2,770661539	0,327931628	0,000821884	0,000821884	0,003424516	0,89608162	
Créditos	0	0	-0,01878977	-0,013162013	0	-353362,2004	

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	0	0,001022128	0,001050883	-0,027681111	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,1989	1,164911943	0,858036595	0,208	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	0,025731	0,006124566	0,00269128	-0,000216	0,001802184
NO <sup>3-</sup>	7,31423E-10	0	0	0	0	1,08375E-06
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	3,45184E-08	0	0	0	0	0,001042149
NO <sup>3-</sup>	5,41637E-07	0	5,98711E-06	7,32939E-06	-0,000117778	0,007193199
CQO	0,000229355	0,0059378	0,0113638	0,016312762	-9,09333E-05	0,006522755
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	0,0139902	0	0	-0,001232	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	0	0	0	-0,013713333	0,003716583
P	6,31974E-07	0,00371484	0	0	0	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	0,06328	0,01163514	0,007640734	-0,000444444	0,229215151

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,016712214	0	0,001115048	0,001146417	-0,065907408	23,73328519
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	11,35924906	14,742	1,270813029	0,936039922	0,495238095	44,01522112
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,066007118	1,907121176	0,006681344	0,002935942	-0,000514286	1,134032499
NO <sup>3-</sup>	2,21914E-06	0	0	0	0	0,000681955
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,000104729	0	0	0	0	0,655776916
NO <sup>3-</sup>	0,001643327	0	6,53139E-06	7,9957E-06	-0,000280423	4,526352405
CQO	0,695861984	0,440095765	0,012396873	0,017795741	-0,000216508	4,1044731
N <sub>total</sub>	0,007096051	1,036920706	0	0	-0,002933333	1,221924094
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,003613799	0	0	0	-0,032650794	2,38676666
P	0,001917408	0,2753352	0	0	0	0,561884276
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,026114148	4,690164706	0,01269288	0,008335346	-0,001058201	144,2346607

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	1,83649E-06	1,0468E-05	2,75474E-06	2,75474E-06	2,75474E-06	1,14781E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000948129	0,005404334	0,001422193	0,001422193	0,001422193	0,005925805
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	7,37534E-06	4,20394E-05	1,1063E-05	1,1063E-05	1,1063E-05	4,60959E-05
NO <sup>3-</sup>	1,90747E-10	1,08726E-09	2,86121E-10	2,86121E-10	2,86121E-10	1,19217E-09
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	3,57258E-09	2,03637E-08	5,35887E-09	5,35887E-09	5,35887E-09	2,23286E-08
NO <sup>3-</sup>	1,77722E-07	1,01301E-06	2,66583E-07	2,66583E-07	2,66583E-07	1,11076E-06
CQO	5,53887E-05	0,000315715	8,3083E-05	8,3083E-05	8,3083E-05	0,000346179
N <sub>total</sub>	6,84644E-07	3,90247E-06	1,02697E-06	1,02697E-06	1,02697E-06	4,27902E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,99141E-07	2,2751E-06	5,98711E-07	5,98711E-07	5,98711E-07	2,49463E-06
P	2,11914E-07	1,20791E-06	3,17871E-07	3,17871E-07	3,17871E-07	1,32446E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,22276E-07	1,83697E-06	4,83414E-07	4,83414E-07	4,83414E-07	2,01423E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,005571919	0,000659485	1,65284E-06	1,65284E-06	6,88685E-06	0,001802058
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,876622913	0,340473068	0,000853316	0,000853316	0,003555483	0,930351428
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,02237678	0,002648484	6,63781E-06	6,63781E-06	2,76575E-05	0,007237052
NO <sup>3-</sup>	5,78727E-07	6,84973E-08	1,71672E-10	1,71672E-10	7,15302E-10	1,87171E-07
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	1,08392E-05	1,28291E-06	3,21532E-09	3,21532E-09	1,33972E-08	3,50559E-06
NO <sup>3-</sup>	0,000539208	6,38199E-05	1,5995E-07	1,5995E-07	6,66457E-07	0,00017439
CQO	0,168049237	0,019890073	4,98498E-05	4,98498E-05	0,000207708	0,054350136
N <sub>total</sub>	0,002077209	0,000245856	6,16179E-07	6,16179E-07	2,56741E-06	0,000671807
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,001210993	0,000143331	3,59227E-07	3,59227E-07	1,49678E-06	0,000391657
P	0,000642946	7,60982E-05	1,90722E-07	1,90722E-07	7,94676E-07	0,00020794
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000977786	0,000115729	2,90049E-07	2,90049E-07	1,20854E-06	0,000316234

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>2</sub> <sup>3</sup> eq / ton resíduo	kg PO <sub>2</sub> <sup>3</sup> eq / ton produto				kg PO <sub>2</sub> <sup>3</sup> eq / m <sup>2</sup> de painel
		Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0	0	0,001267748	0,00142811	0	0,0377623
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	1,43140348	1,135437134	0	0,072805799
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0,006171411	0,002989804	0	0,001857716
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	1,06961E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0,00104082
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0	0,007658922
CQO	0	0	0,021497946	0,031909117	0	0,006763172
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0	0,001941335
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0,003717301
P	0	0	0	0	0	0,000907515
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0,015192594	0,011598023	0	0,225629932

Crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0	0	0,001382997	0,001557939	0	23,76209682
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	1,561531069	1,238658692	0	45,81337551
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0,006732448	0,003261604	0	1,168975842
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0,000673056
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0,65494036
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	6,82052E-06	9,84706E-06	0	4,81941115
CQO	0	0	0,023452305	0,034809946	0	4,255756393
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0	1,221593459
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	2,339128402
P	0	0	0	0	0	0,571057708
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0,016573739	0,012652389	0	141,9786459

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			
			Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,022284133	0,000659485	-0,000266296	-0,000409868	-0,065900521	-0,027009575
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	14,23587198	15,08247307	-0,289864724	-0,301765454	0,498793578	-0,867802954
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,088383898	1,909769661	-4,44658E-05	-0,000319024	-0,000486628	-0,027706291
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,79786E-06	6,84973E-08	1,71672E-10	1,71672E-10	7,15302E-10	9,08576E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,000115568	1,28291E-06	3,21532E-09	3,21532E-09	1,33972E-08	0,000840061
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,002182535	6,38199E-05	-1,29177E-07	-1,69141E-06	-0,000279757	-0,292884355
CQO	0,863911221	0,459985838	-0,011005582	-0,016964355	-8,80041E-06	-0,096933157
N <sub>total</sub>	0,00917326	1,037166561	6,16179E-07	6,16179E-07	-0,002930766	0,001002442
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,004824792	0,000143331	3,59227E-07	3,59227E-07	-0,032649297	-6,00789E-05
P	0,002560354	0,275411298	1,90722E-07	1,90722E-07	7,94676E-07	-0,008965492
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,027091934	4,690280435	-0,003880569	-0,004316752	-0,001056993	2,256331097

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	12,17832206	23,09163755	1,303705706	0,966261364	0,391677142	226,526969
Transporte	3,078080409	0,364317296	0,000913076	0,000913076	0,003804483	0,995506395
Créditos	0	0	-1,609679379	-1,290950416	0	-226,5856546

2º caso de estudo - 2.2 cenário de tratamento/ reciclagem

PROCESSO							
Processo por ton produto - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto			kg Sb-eq/ m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	0,221657059	3,0892762	8,897627068	4,78209284	-1,101777775	0,231000376	
carvão lignite	0,008376763	0,079476931	0	0	-0,06963489	0,181366509	
gás natural	0,041467161	1,94482992	5,080512305	4,765659657	0,335768882	1,143395149	
petróleo	0,255558247	0,287163273	2,244719559	1,386297523	-0,669999993	0,646204769	
Processo para o total dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	711,6481657	228,9698831	9,706502256	5,216828553	-2,623280416	145,3580216	
carvão lignite	26,89428326	5,890643084	0	0	-0,165797358	114,1256887	
gás natural	133,1337226	144,1462176	5,54237706	5,198901444	0,79944972	719,4865217	
petróleo	820,4907107	21,28386612	2,448784973	1,51232457	-1,595238079	406,6272471	
TRANSPORTE							
Transporte por ton km - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>		kg Sb-eq / ton km			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	
Transporte para o total de km - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq / ton		kg Sb-eq / ton			kg Sb-eq / ton	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	7,72541E-05	0,000176139	4,63525E-05	4,63525E-05	4,63525E-05	0,000193135	
carvão lignite	6,99892E-05	0,000159575	4,19935E-05	4,19935E-05	4,19935E-05	0,000174973	
gás natural	0,00105646	0,00240873	0,000633876	0,000633876	0,000633876	0,002641151	
petróleo	0,013623973	0,031062658	0,008174384	0,008174384	0,008174384	0,034059932	
Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	0,248030652	0,01109678	2,78115E-05	2,78115E-05	0,000115881	0,030322238	
carvão lignite	0,224706126	0,010053251	2,51961E-05	2,51961E-05	0,000104984	0,027470768	
gás natural	3,39185292	0,151749979	0,000380326	0,000380326	0,001584691	0,414660727	
petróleo	43,7408825	1,956947476	0,00490463	0,00490463	0,020435959	5,347409387	
CRÉDITOS							
Crédito por ton resíduo - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto			kg Sb-eq/ m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	0,22192253	0	9,00549412	5,475886684	0	0,227803725	
carvão lignite	0,009121493	0	0	0	0	0,17840079	
gás natural	0,041586507	0	23,70465781	23,27344385	0	1,142349714	
petróleo	0,263913069	0	7,33648995	6,435800508	0	0,661612384	
Crédito para o total dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	712,5004815	0	9,824175404	5,973694564	0	143,346515	
carvão lignite	29,28530083	0	0	0	0	112,2594965	
gás natural	133,5168918	0	25,8596267	25,38921148	0	718,8286772	
petróleo	847,3145514	0	8,003443582	7,020873281	0	416,3225577	
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS							
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
carvão hulha	-0,604285093	228,9809798	-0,117645336	-0,7568382	-2,623164535	2,041828828	
carvão lignite	-2,166311446	5,900696335	2,51961E-05	2,51961E-05	-0,165692374	1,893662961	
gás natural	3,008683737	144,2979676	-20,31686932	-20,18992971	0,80103441	1,07250521	
petróleo	16,91704186	23,24081359	-5,549753978	-5,503644081	-1,57480212	-4,347901279	
Depleção de recursos abióticos							
Processo	1692,166882	400,2906099	17,69766429	11,92805457	-3,584866134	1385,597479	
Transporte	47,6054722	2,129847487	0,005337964	0,005337964	0,022241515	5,81986312	
Créditos	-1722,617225	0	-43,68724569	-38,38377932	0	-1390,757246	
Distância em km							
	50	114	30	30	30	125	



**PROCESSO**

Processo por ton residuo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto			kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CO <sub>2</sub>	251,4664707	949,5	2493,5676	1582,5014	-375,55556	224,9201772
CH <sub>4</sub>	5,097736797	59,3	197,241045	157,74581	-0,11111111	13,28527436
N <sub>2</sub> O	0,265448005	28,3994	6,759705648	2,97037612	-0,2384	1,989077402

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	807353,7271	70374,70588	2720,255564	1726,365164	-894,1799048	141532,0295
CH <sub>4</sub>	16366,70206	4395,176471	215,1720491	172,0863382	-0,264550262	8359,818434
N <sub>2</sub> O	852,242589	2104,896706	7,374224343	3,240410313	-0,567619048	1251,63587

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq /ton km					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009

Transporte para o total de km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq /ton					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	2,2379471	5,102519388	1,34276826	1,34276826	1,34276826	5,59486775
CH <sub>4</sub>	0,058939961	0,134383111	0,035363976	0,035363976	0,035363976	0,147349902
N <sub>2</sub> O	0,020350474	0,04639908	0,012210284	0,012210284	0,012210284	0,050876184

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg CO <sup>2</sup> eq					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	7185,1127	321,4587214	0,805660956	0,805660956	3,35692065	878,3942368
CH <sub>4</sub>	189,2315779	8,466135972	0,021218386	0,021218386	0,088409941	23,13393462
N <sub>2</sub> O	65,33686458	2,923142034	0,007326171	0,007326171	0,03052571	7,987560904

**CRÉDITOS**

Crédito por ton residuo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto			kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	
CO <sub>2</sub>	252,8761149	0	2999,595	2173,6567	0	225,9490743
CH <sub>4</sub>	5,123266168	0	308,637675	273,38225	0	13,29117398
N <sub>2</sub> O	0,281788595	0	6,811408648	3,299857704	0	2,050367545

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	811879,5054	0	3272,285455	2371,261855	0	142179,4676
CH <sub>4</sub>	16448,66619	0	336,6956455	298,2351818	0	8363,530792
N <sub>2</sub> O	904,7053955	0	7,430627616	3,599844768	0	1290,202967

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq					
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro
CO <sub>2</sub>	2659,334376	70696,1646	-551,22423	-644,09103	-890,8229841	230,9561576
CH <sub>4</sub>	107,2674391	4403,642607	-121,502378	-126,1276253	-0,176140321	19,42157653
N <sub>2</sub> O	12,87405812	2107,819848	-0,049077102	-0,352108285	-0,537093337	-30,5795362

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	824572,6717	76874,77906	2942,801837	1901,691912	-895,0120741	151143,4839
Transporte	7439,681142	332,8479994	0,834205512	0,834205512	3,475856302	909,5157323
Créditos	-829232,877	0	-3616,411728	-2673,096881	0	-151833,2014

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
Formação de oxidantes fotoquímicos						Madeira
CH <sub>4</sub>	0,001223457	0,014232	0,047337851	0,037858994	-2,66667E-05	0,003188466
SO <sub>2</sub>	0,007144499	0,082608	0	0	0	22,4562075
CO	0,004393906	0,212004	0,138122013	0,117981417	-0,031200001	0,007526632

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CH <sub>4</sub>	3,928008493	1,054842353	0,051641292	0,041300721	-6,34921E-05	2,006356424
SO <sub>2</sub>	22,93800046	6,122710588	0	0	0	14130,5517
CO	14,10699584	15,71323765	0,150678559	0,128707	-0,074285717	4,736167194

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CH <sub>4</sub>	1,41456E-05	3,22519E-05	8,48735E-06	8,48735E-06	8,48735E-06	3,5364E-05
SO <sub>2</sub>	8,91151E-05	0,000203182	5,3469E-05	5,3469E-05	5,3469E-05	0,000222788
CO	9,82035E-05	0,000223904	5,89221E-05	5,89221E-05	5,89221E-05	0,000245509

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CH <sub>4</sub>	0,045415579	0,002031873	5,09241E-06	5,09241E-06	2,12184E-05	0,005552144
SO <sub>2</sub>	0,286111262	0,01280049	3,20814E-05	3,20814E-05	0,000133673	0,034977668
CO	0,315290467	0,014105954	3,53533E-05	3,53533E-05	0,000147305	0,038544883

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto			kg Sb-eq * ton / m <sup>3</sup> de
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
Formação de oxidantes fotoquímicos						Madeira
CO <sub>2</sub>	0,001229584	0	0,074073042	0,06561174	0	0,003189882
CH <sub>4</sub>	0,007254414	0	0	0	0	22,45523356
N <sub>2</sub> O	0,00451339	0	0,199077577	0,174528581	0	0,01093164

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CO <sub>2</sub>	3,947679887	0	0,074073042	0,06561174	0	0,003189882
CH <sub>4</sub>	23,29089069	0	0	0	0	22,45523356
N <sub>2</sub> O	14,4906093	0	0,199077577	0,174528581	0	0,01093164

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Formação de oxidantes fotoquímicos						
CO <sub>2</sub>	0,025744185	1,056874226	-0,029160571	-0,03027063	-4,22737E-05	0,004661178
CH <sub>4</sub>	-0,066778965	6,135511078	3,20814E-05	3,20814E-05	0,000133673	0,530317734
N <sub>2</sub> O	-0,068322996	15,7273436	-0,066461626	-0,061652462	-0,074138412	-2,104071695

Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	40,9730048	22,89079059	0,202319851	0,170007721	-0,074349209	14137,29422
Transporte	0,646817308	0,028938316	7,25271E-05	7,25271E-05	0,000302196	0,079074695
Créditos	-41,72917988	0	-0,297982494	-0,261971259	0	-14138,94239

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,012827233	0	0,004672584	0,004804035	-0,126542222	0,172418348
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000445383	0,765	0,011341788	0,004983853	-0,0004	0,003337378
SO <sub>2</sub>	0,178612479	2,0652	0	0	0	561,4005187

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	41,18288281	0	0,005097364	0,005240766	-0,301291006	108,495018
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,42993723	56,7	0,01237286	0,00543693	-0,000952381	2,100060184
SO <sub>2</sub>	573,4500116	153,0677647	0	0	0	353263,7925

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05

Transporte para o total de km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	2,09885E-05	4,78538E-05	1,25931E-05	1,25931E-05	1,25931E-05	5,24712E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	3,41451E-05	7,78508E-05	2,04871E-05	2,04871E-05	2,04871E-05	8,53627E-05
SO <sub>2</sub>	0,002227877	0,005079559	0,001336726	0,001336726	0,001336726	0,005569692

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,067385259	0,003014786	7,55586E-06	7,55586E-06	3,14827E-05	0,008237981
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	0,004904601	1,22922E-05	1,22922E-05	5,12176E-05	0,013401948
SO <sub>2</sub>	7,152781561	0,320012241	0,000802036	0,000802036	0,003341815	0,874441691

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,012837879	0	0,005795418	0,006528504	0	0,172627659
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,0004728	0	0,011428538	0,005536674	0	0,003440214
SO <sub>2</sub>	0,181360347	0	0	0	0	561,3808391

Crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	41,21706495	0	0,006322274	0,007122005	0	108,6267283
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,517962073	0	0,012467496	0,006040008	0	2,164770078
SO <sub>2</sub>	582,2722673	0	0	0	0	353251,409

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,033203121	0,003014786	-0,001217354	-0,001873683	-0,301259523	-0,123472342
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,021600769	56,7049046	-8,23441E-05	-0,000590786	-0,000901163	-0,051307947
SO <sub>2</sub>	-1,669474128	153,3877769	0,000802036	0,000802036	0,003341815	13,25794335

Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	616,0628316	209,7677647	0,017470223	0,010677696	-0,302243387	353374,3875
Transporte	7,329792432	0,327931628	0,000821884	0,000821884	0,003424516	0,89608162
Créditos	-625,0072943	0	-0,01878977	-0,013162013	0	-353362,2004

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,002805957	0	0,001022128	0,001050883	-0,027681111	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,057225529	0,1989	1,164911943	0,858036595	0,208	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,000240507	0,025731	0,006124566	0,00269128	-0,000216	0,001802184
NO <sup>3-</sup>	3,17543E-07	0	0	0	0	1,08375E-06
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	1,89798E-05	0	0	0	0	0,001042149
NO <sup>3-</sup>	0,00077672	0	5,98711E-06	7,32939E-06	-0,00117778	0,007193199
CQO	0,001825481	0,0059378	0,0113638	0,016312762	-9,09333E-05	0,006522755
N <sub>total</sub>	3,20556E-05	0,0139902	0	0	-0,001232	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,84964E-05	0	0	0	-0,013713333	0,003716583
P	1,02347E-05	0,00371484	0	0	0	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,02450649	0,06328	0,01163514	0,007640734	-0,000444444	0,229215151

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,008755615	0	0,001115048	0,001146417	-0,065907408	23,73328519
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	183,7272544	14,742	1,270813029	0,936039922	0,495238095	44,01522112
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,772166104	1,907121176	0,006681344	0,002935942	-0,000514286	1,134032499
NO <sup>3-</sup>	0,001019497	0	0	0	0	0,000681955
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,060936361	0	0	0	0	0,655776916
NO <sup>3-</sup>	2,493723321	0	6,53139E-06	7,9957E-06	-0,000280423	4,526352405
CQO	5,86085688	0,440095765	0,012396873	0,017795741	-0,000216508	4,1044731
N <sub>total</sub>	0,102917086	1,036920706	0	0	-0,002933333	1,221924094
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,091490005	0	0	0	-0,032650794	2,338676666
P	0,032859431	0,2753352	0	0	0	0,561884276
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	78,68009704	4,690164706	0,01269288	0,008335346	-0,001058201	144,2346607

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,59123E-06	1,0468E-05	2,75474E-06	2,75474E-06	2,75474E-06	1,14781E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,002370322	0,005404334	0,001422193	0,001422193	0,001422193	0,005925805
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,84383E-05	4,20394E-05	1,1063E-05	1,1063E-05	1,1063E-05	4,60959E-05
NO <sup>3-</sup>	4,76868E-10	1,08726E-09	2,86121E-10	2,86121E-10	2,86121E-10	1,19217E-09
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	8,93145E-09	2,03637E-08	5,35887E-09	5,35887E-09	5,35887E-09	2,23286E-08
NO <sup>3-</sup>	4,44305E-07	1,01301E-06	2,66583E-07	2,66583E-07	2,66583E-07	1,11076E-06
CQO	0,000138472	0,000315715	8,3083E-05	8,3083E-05	8,3083E-05	0,000346179
N <sub>total</sub>	1,71161E-06	3,90247E-06	1,02697E-06	1,02697E-06	1,02697E-06	4,27902E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,97852E-07	2,2751E-06	5,98711E-07	5,98711E-07	5,98711E-07	2,49463E-06
P	5,29784E-07	1,20791E-06	3,17871E-07	3,17871E-07	3,17871E-07	1,32446E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,05691E-07	1,83697E-06	4,83414E-07	4,83414E-07	4,83414E-07	2,01423E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,014740526	0,000659485	1,65284E-06	1,65284E-06	6,88685E-06	0,001802058
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	7,610113526	0,340473068	0,000853316	0,000853316	0,003555483	0,930351428
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,05919783	0,002648484	6,63781E-06	6,63781E-06	2,76575E-05	0,007237052
NO <sup>3-</sup>	1,53102E-06	6,84973E-08	1,71672E-10	1,71672E-10	7,15302E-10	1,87171E-07
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	2,86751E-05	1,28291E-06	3,21532E-09	3,21532E-09	1,33972E-08	3,50559E-06
NO <sup>3-</sup>	0,001426477	6,38199E-05	1,5995E-07	1,5995E-07	6,66457E-07	0,00017439
CQO	0,444574701	0,019890073	4,98498E-05	4,98498E-05	0,000207708	0,054350136

N <sub>total</sub>	0,005495262	0,000245856	6,16179E-07	6,16179E-07	2,56741E-06	0,000671807
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,003203686	0,000143331	3,59227E-07	3,59227E-07	1,49678E-06	0,000391657
P	0,001700916	7,60982E-05	1,90722E-07	1,90722E-07	7,94676E-07	0,00020794
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,002586736	0,000115729	2,90049E-07	2,90049E-07	1,20854E-06	0,000316234

**CRÉDITOS**

Crédito por ton residuo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira	
Potencial de eutrofização							
NH <sub>3</sub>	0,002808286	0	0,001267748	0,00142811	0	0,0377623	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,0591801	0	1,43140348	1,135437134	0	0,072805799	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0,000255312	0	0,006171411	0,002989804	0	0,001857716	
NO <sup>3-</sup>	3,47592E-07	0	0	0	0	1,06961E-06	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	
P	1,85108E-05	0	0	0	0	0,00104082	
NO <sup>3-</sup>	0,000800445	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0	0,007658922	
CQO	0,001953347	0	0,021497946	0,031909117	0	0,006763172	
N <sub>total</sub>	3,37958E-05	0	0	0	0	0,001941335	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,03446E-05	0	0	0	0	0,003717301	
P	1,06836E-05	0	0	0	0	0,000907515	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,025274173	0	0,015192594	0,011598023	0	0,225629932	

Crédito para o total dos resíduos - unidade

kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,016232957	0	0,001382997	0,001557939	0	23,76209682
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	190,0025645	0	1,561531069	1,238658692	0	45,81337551
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,819699519	0	0,006732448	0,003261604	0	1,168975842
NO <sup>3-</sup>	0,001115974	0	0	0	0	0,000673056
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,059430546	0	0	0	0	0,65494036
NO <sup>3-</sup>	2,569894278	0	6,82052E-06	9,84706E-06	0	4,81941115
CQO	6,271381958	0	0,023452305	0,034809946	0	4,255756393
N <sub>total</sub>	0,108504047	0	0	0	0	1,221593459
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,09742371	0	0	0	0	2,339128402
P	0,034300427	0	0	0	0	0,571057708
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	81,14480659	0	0,016573739	0,012652389	0	141,9786459

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,007263183	0,000659485	-0,000266296	-0,000409868	-0,065900521	-0,027009575
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,334803453	15,08247307	-0,289864724	-0,301765454	0,498793578	-0,867802954
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,011664415	1,909769661	-4,44658E-05	-0,000319024	-0,000486628	-0,027706291
NO <sup>3-</sup>	-9,49454E-05	6,84973E-08	1,71672E-10	1,71672E-10	7,15302E-10	9,08576E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,001534491	1,28291E-06	3,21532E-09	3,21532E-09	1,33972E-08	0,000840061
NO <sup>3-</sup>	-0,07474448	6,38199E-05	-1,29177E-07	-1,69141E-06	-0,000279757	-0,292884355
CQO	0,034049624	0,459985838	-0,011005582	-0,016964355	-8,80041E-06	-0,096933157
N <sub>total</sub>	-9,16994E-05	1,037166561	6,16179E-07	6,16179E-07	-0,002930766	0,001002442
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,00273002	0,000143331	3,59227E-07	3,59227E-07	-0,032649297	-6,00789E-05
P	0,000259921	0,275411298	1,90722E-07	1,90722E-07	7,94676E-07	-0,008965492
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-2,462122817	4,690280435	-0,003880569	-0,004316752	-0,001056993	2,256331097

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Madeira
Processo	280,8320758	23,09163755	1,303705706	0,966261364	0,391677142	226,526969
Transporte	8,143069865	0,364317296	0,000913076	0,000913076	0,003804483	0,995506395
Créditos	-290,1253545	0	-1,609679379	-1,290950416	0	-226,5856546

**2º caso de estudo - 2.3 cenário de tratamento/ incineração**

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	0,013514031	0,053384544
carvão lignite	0,002773987	0,046200257
gás natural	0,033979202	0,074177832
petróleo	0,019505286	0,040341818

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	2,121702917	0,032030726
carvão lignite	0,435516012	0,027720154
gás natural	5,334734639	0,044506699
petróleo	3,062329969	0,024205091

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	0,000169959	0,000169959
carvão lignite	0,000153976	0,000153976
gás natural	0,002324213	0,002324213
petróleo	0,029972741	0,029972741

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	0,026683569	0,000101975
carvão lignite	0,024174276	9,23858E-05
gás natural	0,36490144	0,001394528
petróleo	4,70572026	0,017983644

**CRÉDITOS**

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq/ MJ	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	0,000527001	0,000527001
carvão lignite	3,55961E-06	3,55961E-06
gás natural	0,000457824	0,000457824
petróleo	0,00016439	0,00016439

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq / ton	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	0,685101303	1,833963488
carvão lignite	0,004627487	0,012387428
gás natural	0,595171792	1,593229105
petróleo	0,213707244	0,572077853

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	107,5609045	1,100378093
carvão lignite	0,72651552	0,007432457
gás natural	93,44197136	0,955937463
petróleo	33,5520373	0,343246712

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
Depleção de recursos abióticos		
carvão hulha	-105,4125181	-1,068245391
carvão lignite	-0,266825231	0,020380083
gás natural	-87,74233528	-0,910036236
petróleo	-25,78398707	-0,301057977

Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
Processo	10,95428354	0,12846267
Transporte	5,121479546	0,019572533
Créditos	-235,2814287	-2,406994724

Factor de regressar vazio	1,74	
	Madeira	Plástico
Quantidade em ton	157	1
Distância em km	110	110
Net energy produced in MSWI (MJ/ kg)	1,30	3,48
Net energy produced in MSWI (MJ/ ton)	1300	3480

PROCESSO		
Processo por ton resíduo - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq /ton resíduo		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	10,181774	2332,2184
CH <sub>4</sub>	528,5287246	1548,828714
N <sub>2</sub> O	1,269141472	7,903195718
Processo para o total dos resíduos - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	1598,538518	1399,33104
CH <sub>4</sub>	82979,00976	929,2972286
N <sub>2</sub> O	199,2552111	4,741917431
TRANSPORTE		
Transporte por ton km - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq /ton km		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009
Transporte para o total de km - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq /ton		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	4,92348362	4,92348362
CH <sub>4</sub>	0,129667914	0,129667914
N <sub>2</sub> O	0,044771042	0,044771042
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	772,9869283	2,954090172
CH <sub>4</sub>	20,35786247	0,077800748
N <sub>2</sub> O	7,029053595	0,026862625
CRÉDITOS		
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq / Mj		
Depleção de recursos abióticos	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	0,15641175	0,15641175
CH <sub>4</sub>	0,006482601	0,006482601
N <sub>2</sub> O	0,001525605	0,001525605
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq / ton		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	203,335275	544,31289
CH <sub>4</sub>	8,427381463	22,55945192
N <sub>2</sub> O	1,983286668	5,30910585
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	31923,63818	326,587734
CH <sub>4</sub>	1323,09889	13,53567115
N <sub>2</sub> O	311,3760069	3,18546351
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS		
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		
kg CO <sup>2</sup> eq		
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
CO <sub>2</sub>	-29552,11273	1075,697396
CH <sub>4</sub>	81676,26873	915,8393582
N <sub>2</sub> O	-105,0917422	1,583316546
Alterações climáticas	Madeira	Plástico
Processo	84776,80349	2333,370186
Transporte	800,3738444	3,058753545
Créditos	-33558,11307	-343,3088687



PROCESSO		
Processo por ton resíduo - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq /ton resíduo	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,126846894	0,371718891
SO <sub>2</sub>	0,000616729	0,003766593
CO	0,006835494	0,006807718
Processo para o total dos resíduos - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	19,91496234	0,223031335
SO <sub>2</sub>	0,096826499	0,002259956
CO	1,073172611	0,004084631
TRANSPORTE		
Transporte por ton km - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq /ton km	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06
Transporte para o total de km - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq /ton	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	3,11203E-05	3,11203E-05
SO <sub>2</sub>	0,000196053	0,000196053
CO	0,000216048	0,000216048
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,004885887	1,86722E-05
SO <sub>2</sub>	0,030780348	0,000117632
CO	0,033919497	0,000129629
CRÉDITOS		
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq /Mj	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	1,55582E-06	1,55582E-06
SO <sub>2</sub>	3,86343E-05	3,86343E-05
CO	1,13192E-06	1,13192E-06
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq / ton	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,002022572	0,005414268
SO <sub>2</sub>	0,050224564	0,134447296
CO	0,001471498	0,003939088
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,317543734	0,003248561
SO <sub>2</sub>	7,885256613	0,080668377
CO	0,231025243	0,002363453
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS		
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	kg Sb-eq	
	Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	19,6023045	0,219801446
SO <sub>2</sub>	-7,757649766	-0,07829079
CO	0,876066865	0,001850806
Formação de oxidantes fotoquímicos		
	Madeira	Plástico
Processo	21,08496145	0,229375921
Transporte	0,069585732	0,000265933
Créditos	-8,43382559	-0,086280391

PROCESSO		
Processo por ton resíduo - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,013976932	0,021429064
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,002129432	0,013260396
SO <sub>2</sub>	0,015418232	0,094164822
Processo para o total dos resíduos - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	2,194378324	0,012857438
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,334320824	0,007956237
SO <sub>2</sub>	2,420662487	0,056498893
TRANSPORTE		
Transporte por ton km - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05
Transporte para o total de km - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	4,61747E-05	4,61747E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	7,51192E-05	7,51192E-05
SO <sub>2</sub>	0,004901329	0,004901329
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,007249423	2,77048E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,011793714	4,50715E-05
SO <sub>2</sub>	0,769508688	0,002940798
CRÉDITOS		
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ Mj	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06
SO <sub>2</sub>	0,000965857	0,000965857
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ ton	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896
SO <sub>2</sub>	1,25561411	3,361182388
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,279912994	0,013093867
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,522442965	0,005344737
SO <sub>2</sub>	197,1314153	2,016709433
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS		
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,921714753	-0,000208724
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	-0,176328427	0,002656571
SO <sub>2</sub>	-193,9412442	-1,957269742
Potencial de acidificação		
	Madeira	Plástico
Processo	4,949361635	0,077312569
Transporte	0,788551826	0,003013574
Créditos	-198,9337713	-2,035148038

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton resíduo	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,003057454	0,004687608
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,04828487	74,524008
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0
N <sub>2</sub> O	0,001149893	0,007160614
NO <sup>3-</sup>	2,11425E-08	2,67202E-07
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
P	0,00033414	6,08372E-06
NO <sup>3-</sup>	0,004820403	0,030290415
CQO	0,218524042	0,34466938
N <sub>total</sub>	0,028278081	0,00015336
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,38382E-06	0,000233446
P	4,26664E-06	4,35233E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,014229186	0,00193198

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,480020258	0,002812565
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	7,580724653	44,7144048
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0
N <sub>2</sub> O	0,180533245	0,004296368
NO <sup>3-</sup>	3,31938E-06	1,60321E-07
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
P	0,052459938	3,65023E-06
NO <sup>3-</sup>	0,756803302	0,018174249
CQO	34,30827459	0,206801628
N <sub>total</sub>	4,439658727	9,20159E-05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,00147326	0,000140068
P	0,000669862	2,6114E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,233982202	0,001159188

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton km	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,01007E-05	1,01007E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,005214709	0,005214709
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0
N <sub>2</sub> O	4,05644E-05	4,05644E-05
NO <sup>3-</sup>	1,04911E-09	1,04911E-09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
P	1,96492E-08	1,96492E-08
NO <sup>3-</sup>	9,7747E-07	9,7747E-07
CQO	0,000304638	0,000304638
N <sub>total</sub>	3,76554E-06	3,76554E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,19527E-06	2,19527E-06
P	1,16553E-06	1,16553E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,77252E-06	1,77252E-06

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,001585811	6,06043E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,818709257	0,003128825
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0
N <sub>2</sub> O	0,006368606	2,43386E-05
NO <sup>3-</sup>	1,6471E-07	6,29466E-10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0
P	3,08492E-06	1,17895E-08

NO <sup>3-</sup>	0,000153463	5,86482E-07
CQO	0,04782812	0,000182783
N <sub>total</sub>	0,00059119	2,25932E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000344658	1,31716E-06
P	0,000182988	6,99315E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000278286	1,06351E-06

**CRÉDITOS**

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / Mj	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000965857	0,000965857
N <sub>2</sub> O	1,37178E-06	1,37178E-06
NO <sup>3-</sup>	5,51568E-05	5,51568E-05
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,38226E-06	1,38226E-06
P	2,98058E-10	2,98058E-10
NO <sup>3-</sup>	0	0
CQO	0	0
N <sub>total</sub>	1,6274E-07	1,6274E-07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,13442E-06	4,13442E-06
P	2,5562E-06	2,5562E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5,01905E-07	5,01905E-07

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,25561411	3,361182388
N <sub>2</sub> O	0,001783318	0,004773806
NO <sup>3-</sup>	0,071703896	0,191945815
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,001796938	0,004810264
P	3,87476E-07	1,03724E-06
NO <sup>3-</sup>	0	0
CQO	0	0
N <sub>total</sub>	0,000211562	0,000566334
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,005374752	0,014387797
P	0,003323064	0,008895587
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000652476	0,001746628

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	1,279912994	0,013093867
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,522442965	0,005344737
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	197,1314153	2,016709433
N <sub>2</sub> O	0,279980967	0,002864283
NO <sup>3-</sup>	11,25751172	0,115167489
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,282119201	0,002886158
P	6,08337E-05	6,22346E-07
NO <sup>3-</sup>	0	0
CQO	0	0
N <sub>total</sub>	0,033215164	0,0003398
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,84383604	0,008632678
P	0,521721053	0,005337352
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,102438745	0,001047977

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	
	Madeira	Plástico
NH <sub>3</sub>	-0,798306924	-0,010275242
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	7,876990945	44,71218889
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-197,1314153	-2,016709433
N <sub>2</sub> O	-0,093079117	0,001456423
NO <sup>3-</sup>	-11,25750823	-0,115167328
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,282119201	-0,002886158
P	0,052402189	3,03967E-06
NO <sup>3-</sup>	0,756956765	0,018174835
CQO	34,35610271	0,206984411
N <sub>total</sub>	4,407034753	-0,000245525
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,842018122	-0,008491294
P	-0,520868203	-0,005310539
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,131821743	0,000112275

Potencial de eutrofização	Madeira	Plástico
Processo	50,03460336	44,94791081
Transporte	0,876045627	0,003347945
Créditos	-212,254655	-2,171424398

2º caso de estudo - 2.4 cenário de tratamento/ aterro

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	0,000102372	0,000102372	0,013920593	0,000102372	0,002715146
carvão lignite	9,18045E-05	9,18045E-05	0,002834827	9,18045E-05	0,000922686
gás natural	0,000558992	0,000558992	0,034724603	0,000558992	0,006558409
petróleo	0,015082454	0,015082454	0,030347903	0,015082454	0,073653218

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	0,310595355	0,006449409	2,185533051	6,14229E-05	0,006787865
carvão lignite	0,278534799	0,005783682	0,445067888	5,50827E-05	0,002306715
gás natural	1,695982118	0,035216504	5,451762666	0,000335395	0,016396023
petróleo	45,76016447	0,950194582	4,764620707	0,009049472	0,184133045

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	3,09016E-05	3,09016E-05	3,09016E-05	3,09016E-05	3,09016E-05
carvão lignite	2,79957E-05	2,79957E-05	2,79957E-05	2,79957E-05	2,79957E-05
gás natural	0,000422584	0,000422584	0,000422584	0,000422584	0,000422584
petróleo	0,005449589	0,005449589	0,005449589	0,005449589	0,005449589

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	0,093755586	0,001946804	0,004851558	1,8541E-05	7,72541E-05
carvão lignite	0,084938916	0,001763728	0,004395323	1,67974E-05	6,99892E-05
gás natural	1,282120404	0,026622803	0,066345716	0,000253551	0,00105646
petróleo	16,53405358	0,343324119	0,855585502	0,003269754	0,013623973

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado				
---------	-----------------	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Depleção de recursos abióticos					
carvão hulha	0,404350942	0,008396213	2,190384609	7,99639E-05	0,00686512
carvão lignite	0,363473714	0,007547411	0,449463211	7,18801E-05	0,002376705
gás natural	2,978102522	0,061839307	5,518108382	0,000588946	0,017452484
petróleo	62,29421806	1,293518701	5,620206209	0,012319226	0,197757018

Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Processo	48,04527675	0,997644178	12,84698431	0,009501373	0,209623649
Transporte	17,99486849	0,373657454	0,931178099	0,003558642	0,014827677
Créditos	0	0	0	0	0

Factor de regressar vazio	1,74				
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Quantidade em ton	3.034	63	157	1	3
Distância em km	20	20	20	20	20

**PROCESSO**

Processo por ton residuo - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton residuo				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	2,3859862	2,3859862	11611,57	2,3859862	6,5779828	
CH <sub>4</sub>	0,033426916	0,033426916	738,99956	0,033426916	0,463539082	
N <sub>2</sub> O	0,024011965	0,024011965	1279,070087	0,024011965	0,045131239	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	7239,082131	150,3171306	1823016,49	1,43159172	16,444957	
CH <sub>4</sub>	101,4172643	2,105895732	116022,9309	0,02005615	1,158847706	
N <sub>2</sub> O	72,85230112	1,512753781	200814,0037	0,014407179	0,112828097	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton km				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	

Transporte para o total de km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	0,89517884	0,89517884	0,89517884	0,89517884	0,89517884	
CH <sub>4</sub>	0,023575984	0,023575984	0,023575984	0,023575984	0,023575984	
N <sub>2</sub> O	0,008140189	0,008140189	0,008140189	0,008140189	0,008140189	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	2715,972601	56,39626692	140,5430779	0,537107304	2,2379471	
CH <sub>4</sub>	71,52953645	1,485287013	3,701429539	0,014145591	0,058939961	
N <sub>2</sub> O	24,69733481	0,512831936	1,278009745	0,004884114	0,020350474	

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado				
---------	-----------------	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
CO <sub>2</sub>	9955,054731	206,7133975	1823157,033	1,968699024	18,6829041	
CH <sub>4</sub>	172,9468007	3,591182744	116026,6323	0,03420174	1,217787667	
N <sub>2</sub> O	97,54963593	2,025585716	200815,2817	0,019291293	0,133178571	

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Processo	7413,351696	153,9357801	2139853,425	1,466055049	17,7166328
Transporte	2812,199472	58,39438587	145,5225172	0,556137008	2,317237534
Créditos	0	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq /ton resíduo				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		8,02246E-06	8,02246E-06	0,177359894	8,02246E-06	0,000111249
SO <sub>2</sub>		0,000168076	0,000168076	0,674969664	0,000168076	0,000448642
CO		0,00020491	0,000200076	6,958861281	0,000200076	0,00052854

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		0,024340143	0,000505415	27,84550342	4,81348E-06	0,000278123
SO <sub>2</sub>		0,509942754	0,010588792	105,9702372	0,000100846	0,001121605
CO		0,62169656	0,012604767	1092,541221	0,000120045	0,00132135

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg Sb-eq /ton km				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>		1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO		1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade		kg Sb-eq /ton				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06
SO <sub>2</sub>		3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05
CO		3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg Sb-eq				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		0,017167089	0,000356469	0,000888343	3,39494E-06	1,41456E-05
SO <sub>2</sub>		0,108150057	0,0022457	0,005596427	2,13876E-05	8,91151E-05
CO		0,119179796	0,002474729	0,006167181	2,35688E-05	9,82035E-05

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado				
---------	-----------------	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq				
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
CH <sub>4</sub>		0,041507232	0,000861884	27,84639176	8,20842E-06	0,000292269
SO <sub>2</sub>		0,618092811	0,012834491	105,9758337	0,000122233	0,00121072
CO		0,740876356	0,015079495	1092,547388	0,000143614	0,001419553

Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Processo		1,155979457	0,023698973	1226,356962	0,000225705	0,002721078
Transporte		0,244496942	0,005076898	0,012651951	4,83514E-05	0,000201464
Créditos		0	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	2,51808E-05	2,51808E-05	13,99603696	2,51808E-05	0,00018087	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,02885E-05	4,02885E-05	2,14609075	4,02885E-05	7,57236E-05	
SO <sub>2</sub>	0,004201901	0,004201901	16,8742416	0,004201901	0,011216049	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,076398693	0,001586393	2197,377803	1,51085E-05	0,000452175	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,122235405	0,002538177	336,9362478	2,41731E-05	0,000189309	
SO <sub>2</sub>	12,74856885	0,264719788	2649,255931	0,002521141	0,028040123	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	
SO <sub>2</sub>	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	

Transporte para o total de km - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	5,65824E-06	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	3,5646E-05	
SO <sub>2</sub>	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	3,92814E-05	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,017167089	0,000356469	0,000888343	3,39494E-06	1,41456E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,108150057	0,0022457	0,005596427	2,13876E-05	8,91151E-05	
SO <sub>2</sub>	0,119179796	0,002474729	0,006167181	2,35688E-05	9,82035E-05	

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado
---------	-----------------

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq				
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,093565782	0,001942862	2197,378691	1,85035E-05	0,000466321	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,230385462	0,004783877	336,9418442	4,55607E-05	0,000278424	
SO <sub>2</sub>	12,86774864	0,267194517	2649,262098	0,00254471	0,028138326	

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Processo	12,94720295	0,268844359	5183,569982	0,002560422	0,028681607
Transporte	0,244496942	0,005076898	0,012651951	4,83514E-05	0,000201464
Créditos	0	0	0	0	0



**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton resíduo				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	5,50831E-06	3,061633085	5,50831E-06	3,95653E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,003743985	50,2765055	0,003743985	0,00797431	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	2,17558E-05	1,158889005	2,17558E-05	4,08907E-05	
NO <sup>3-</sup>	7,31423E-10	7,31423E-10	2,26428E-05	7,31423E-10	1,1153E-08	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	
P	3,45184E-08	3,45184E-08	0,334163995	3,45184E-08	2,19323E-07	
NO <sup>3-</sup>	5,41637E-07	5,41637E-07	4,8311252	5,41637E-07	6,05004E-06	
CQO	0,000229355	0,000229355	219,0766534	0,000229355	0,000528565	
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	2,33884E-06	0,034453338	2,33884E-06	9,13691E-06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	1,1911E-06	0,009985571	1,1911E-06	5,01274E-06	
P	6,31974E-07	6,31974E-07	0,004914246	1,10447E-05	3,68072E-06	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	8,60717E-06	14,246024	8,60717E-06	0,00031301	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,016712214	0,000347024	480,6763943	3,30499E-06	9,89133E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	11,35924906	0,235871025	7893,411364	0,002246391	0,019935774	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0,066007118	0,001370616	181,9455738	1,30535E-05	0,000102227	
NO <sup>3-</sup>	2,21914E-06	4,60796E-08	0,003554923	4,38854E-10	2,78826E-08	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	
P	0,000104729	2,17466E-06	52,46374725	2,0711E-08	5,48309E-07	
NO <sup>3-</sup>	0,001643327	3,41231E-05	758,4866564	3,24982E-07	1,51251E-05	
CQO	0,695861984	0,014449342	34395,03458	0,000137613	0,001321413	
N <sub>total</sub>	0,007096051	0,000147347	5,409174123	1,40331E-06	2,28423E-05	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,003613799	7,50393E-05	1,567734644	7,1466E-07	1,25319E-05	
P	0,001917408	3,98143E-05	0,7715366	6,62685E-06	9,2018E-06	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,026114148	0,000542252	2236,625768	5,1643E-06	0,000782525	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton km				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,42322E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	

Transporte para o total de km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	1,83649E-06	1,83649E-06	1,83649E-06	1,83649E-06	1,83649E-06	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000948129	0,000948129	0,000948129	0,000948129	0,000948129	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	7,37534E-06	7,37534E-06	7,37534E-06	7,37534E-06	7,37534E-06	
NO <sup>3-</sup>	1,90747E-10	1,90747E-10	1,90747E-10	1,90747E-10	1,90747E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	
P	3,57258E-09	3,57258E-09	3,57258E-09	3,57258E-09	3,57258E-09	
NO <sup>3-</sup>	1,77722E-07	1,77722E-07	1,77722E-07	1,77722E-07	1,77722E-07	
CQO	5,53887E-05	5,53887E-05	5,53887E-05	5,53887E-05	5,53887E-05	
N <sub>total</sub>	6,84644E-07	6,84644E-07	6,84644E-07	6,84644E-07	6,84644E-07	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,99141E-07	3,99141E-07	3,99141E-07	3,99141E-07	3,99141E-07	
P	2,11914E-07	2,11914E-07	2,11914E-07	2,11914E-07	2,11914E-07	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	6,84644E-07	3,22276E-07	3,22276E-07	3,22276E-07	3,22276E-07	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,005571919	0,000115699	0,000288329	1,1019E-06	4,59123E-06	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,876622913	0,059732117	0,148856229	0,000568877	0,002370322	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0,02237678	0,000464646	0,001157928	4,4252E-06	1,84383E-05	
NO <sup>3-</sup>	5,78727E-07	1,20171E-08	2,99473E-08	1,14448E-10	4,76868E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	

P	1,08392E-05	2,25073E-07	5,60895E-07	2,14355E-09	8,93145E-09
NO <sup>3-</sup>	0,000539208	1,11965E-05	2,79023E-05	1,06633E-07	4,44305E-07
CQO	0,168049237	0,003489486	0,008696022	3,32332E-05	0,000138472
N <sub>total</sub>	0,002077209	4,31326E-05	0,000107489	4,10786E-07	1,71161E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,001210993	2,51459E-05	6,26651E-05	2,39484E-07	9,97852E-07
P	0,000642946	1,33506E-05	3,32705E-05	1,27148E-07	5,29784E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,002077209	2,03034E-05	5,05974E-05	1,93366E-07	8,05691E-07

**CRÉDITOS**

Crédito Não considerado

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,022284133	0,000462723	480,6766827	4,40688E-06	0,000103505	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	14,23587198	0,295603143	7893,56022	0,002815268	0,022306096	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0,088383898	0,001835262	181,9467317	1,74787E-05	0,000120665	
NO <sup>3-</sup>	2,79786E-06	5,80967E-08	0,003554953	5,53302E-10	2,83594E-08	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	
P	0,000115568	2,39973E-06	52,46374781	2,28546E-08	5,5724E-07	
NO <sup>3-</sup>	0,002182535	4,53196E-05	758,4866843	4,31615E-07	1,55694E-05	
CQO	0,863911221	0,017938829	34395,04328	0,000170846	0,001459884	
N <sub>total</sub>	0,00917326	0,00019048	5,409281612	1,81409E-06	2,45539E-05	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,004824792	0,000100185	1,567797309	9,54145E-07	1,35297E-05	
P	0,002560354	5,31649E-05	0,771569871	6,754E-06	9,73158E-06	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,028191357	0,000562555	2236,625819	5,35767E-06	0,000783331	

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Vidro
Processo	12,17832206	0,252878804	46006,39609	0,002414617	0,022301129
Transporte	3,079179832	0,063915315	0,159281023	0,000608717	0,002536322
Créditos	0	0	0	0	0

**3º caso de estudo - 3.1 cenário de tratamento/ situação real**

PROCESSO							
Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de paniel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	0,000102372	3,0892762	8,897627068	4,78209284	-1,101777775	0,238341418	0,231000376
carvão lignite	9,18045E-05	0,079476931	0	0	-0,06963489	0,141124371	0,181366509
gás natural	0,000558992	1,94482992	5,080512305	4,765659657	0,335768882	4,153996158	1,143395149
petróleo	0,015082454	0,287163273	2,244719559	1,386297523	-0,669999993	0,589246274	0,646204769

Processo para o total dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	10,84196866	566,9730438	598,5676391	321,7044274	-1,049312166	5,590724624	42,58897449
carvão lignite	9,722829091	14,5863543	0	0	-0,066318943	3,310324754	33,43809986
gás natural	59,20173836	356,9334912	341,7799187	320,5989224	0,319779888	97,43941606	210,8049681
petróleo	1597,352505	52,70290657	151,0084067	93,26001516	-0,638095232	13,82182617	119,1391934

TRANSPORTE							
Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq / ton km		kg Sb-eq / ton km			kg Sb-eq / ton km	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq / ton		kg Sb-eq / ton			kg Sb-eq / ton	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05
carvão lignite	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05
gás natural	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646
petróleo	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	8,181828155	0,012051641	0,002858402	0,002858402	7,72541E-05	0,001467828	0,003553689
carvão lignite	7,412418168	0,010918318	0,002589601	0,002589601	6,99892E-05	0,001329795	0,003219504
gás natural	111,8876135	0,16480783	0,039089037	0,039089037	0,00105646	0,020072749	0,048597181
petróleo	1442,887728	2,125339782	0,504087	0,504087	0,013623973	0,258855486	0,626702756

CRÉDITOS							
Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de paniel	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	0	0	9,00549412	5,475886684	0	1,182744193	0,227803725
carvão lignite	0	0	0	0	0	0,740000473	0,178400079
gás natural	0	0	23,70465781	23,27344385	0	0,930339766	1,142349714
petróleo	0	0	7,33648995	6,435800508	0	2,073408264	0,661612384

Crédito para o total dos resíduos - unidade							
Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	0	0	605,8241499	368,3778315	0	27,7433823	41,99961587
carvão lignite	0	0	0	0	0	17,35803579	32,89131744
gás natural	0	0	1594,67698	1565,668041	0	21,82278462	210,6122239
petróleo	0	0	493,5456875	432,9538524	0	48,63550249	121,9798577

PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS							
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		kg Sb-eq			kg Sb-eq	
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
carvão hulha	19,02379681	566,9850954	-7,253652369	-46,67054565	-1,049234912	-22,15118985	0,592912308
carvão lignite	17,13524726	14,59727262	0,002589601	0,002589601	-0,066248954	-14,04638124	0,55000193
gás natural	171,0893519	357,098299	-1252,857972	-1245,03003	0,320836348	75,63670419	0,241341424
petróleo	3040,240233	54,82824636	-342,0331938	-339,1897502	-0,624471259	-34,55482083	-2,213961515
Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	1677,119041	991,1957958	1091,355965	735,563365	-1,433946454	120,1622916	405,9712359
Transporte	1570,369588	2,313117571	0,548624039	0,548624039	0,014827677	0,281725858	0,68207313
Créditos	0	0	-2694,046818	-2366,999725	0	-115,5597052	-407,4830149

Factor de regressar vazio	1,74						
Quantidade em ton	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
105.908	156	37	37	1	19	46	
Distância em km	50	50	50	50	50	50	
Quantidade de produto produzido a partir do resíduo	112.072	184	67	67	1	23	184

PROCESSO									
Processo por ton residuo - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto						
Alterações climáticas			kg CO <sub>2</sub> eq / ton residuo		kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto		kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel		
			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			2,3859862	949,5	2493,5676	1582,5014	-375,55556	770,64212	224,9201772
CH <sub>4</sub>			0,033426916	5,93E+01	197,241045	157,74581	-0,111111111	41,02670472	13,28527436
N <sub>2</sub> O			0,024011965	28,3994	6,759705648	2,97037612	-0,2384	13,94098057	1,989077402
Processo para o total dos residuos - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			252695,0265	174261,1765	167749,0931	106459,1851	-357,6719619	18076,79047	41467,98318
CH <sub>4</sub>			3540,17786	10883,29412	13268,94303	10611,99085	-0,105820105	962,354802	2449,373554
N <sub>2</sub> O			2543,059165	5212,125176	454,7438345	199,8253026	-0,227047619	327,0106554	366,7213376
TRANSPORTE									
Transporte por ton km - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq / ton km						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>			0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O			0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009
Transporte para o total de km - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq / ton						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471
CH <sub>4</sub>			0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961
N <sub>2</sub> O			0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474
Transporte para o total de km e dos residuos- unidade			kg CO <sub>2</sub> eq						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			237016,5015	349,1197476	82,8040427	82,8040427	2,2379471	42,5209949	102,9455666
CH <sub>4</sub>			6242,21337	9,194633888	2,18077855	2,18077855	0,058939961	1,119859256	2,711238198
N <sub>2</sub> O			2155,277962	3,174673888	0,752967525	0,752967525	0,020350474	0,386658999	0,936121787
CRÉDITOS									
Crédito por ton residuo - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq / ton produto						
Alterações climáticas			kg CO <sub>2</sub> eq / ton residuo	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	kg CO <sub>2</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel
CO <sub>2</sub>			0	0	2999,595	2173,6567	0	706,0308415	225,9490743
CH <sub>4</sub>			0	0	308,637675	273,38225	0	39,00386363	13,29117398
N <sub>2</sub> O			0	0	6,811408648	3,299857704	0	27,44039861	2,050367545
Crédito para o total dos residuos - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			0	0	201790,9364	146227,8144	0	16561,21727	41657,67841
CH <sub>4</sub>			0	0	20762,89814	18391,16955	0	914,9054431	2450,461251
N <sub>2</sub> O			0	0	458,2220363	221,9904274	0	643,663671	378,0212514
0			0	0	0	0	0	0	0
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS									
Processo + transporte + crédito para o total dos residuos - unidade			kg CO <sub>2</sub> eq						
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>			489711,5279	174610,2962	-33959,03923	-39685,82523	-355,4340148	1558,094195	-86,74966678
CH <sub>4</sub>			9782,39123	10892,48875	-7491,774331	-7776,997912	-0,046880144	48,5692182	1,623540923
N <sub>2</sub> O			4698,337128	5215,29985	-2,725234294	-21,41215723	-0,206697145	-316,2663566	-10,36379201
Alterações climáticas			Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo			258778,2635	190356,5958	181472,78	117271,0012	-358,0048296	19366,15593	44284,07807
Transporte			245413,9928	361,4890554	85,73778877	85,73778877	2,317237534	44,02751315	106,5929266
Créditos			0	0	-223012,0565	-164840,9743	0	-18119,78638	-44486,16092

PROCESSO								
Processo por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		8,02246E-06	0,014232	0,047337851	0,037858994	-2,66667E-05	0,009846409	0,003188466
SO <sub>2</sub>		0,000168076	0,082608	0	0	0	0,027523337	22,45602075
CO		0,00020491	0,212004	0,138122013	0,117981417	-0,031200001	0,013851449	0,007526632
Processo para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		0,849642686	2,611990588	3,184546327	2,546877805	-2,53968E-05	0,230965152	0,587849653
SO <sub>2</sub>		17,80059894	15,16099765	0	0	0	0,645609135	4140,161644
CO		21,70159501	38,90896941	9,291844491	7,936931669	-0,029714287	0,324910529	1,387666821
TRANSPORTE								
Transporte por ton km - unidade		kg Sb-eq / ton km						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>		1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO		1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06
Transporte para o total de km - unidade		kg Sb-eq / ton						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05
SO <sub>2</sub>		8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05
CO		9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg Sb-eq						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		1,498131209	0,002206712	0,000523387	0,000523387	1,41456E-05	0,000268766	0,000650697
SO <sub>2</sub>		9,437999554	0,013901952	0,003297258	0,003297258	8,91151E-05	0,001693186	0,004099294
CO		10,40053879	0,01531975	0,00363353	0,00363353	9,82035E-05	0,001865867	0,004517362
CRÉDITOS								
Crédito por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq / ton resíduo		kg Sb-eq / ton produto			kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		0	0	0,074073042	0,06561174	0	0,009360927	0,003189882
SO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	0,143324321	22,45523356
CO		0	0	0,199077577	0,174528581	0	0,061203695	0,01093164
Crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		0	0	4,983095553	4,413880691	0	0,219577306	0,5881107
SO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	3,361928506	4140,016513
CO		0	0	13,39249156	11,7410136	0	1,435642233	2,015439831
		0	0					
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS								
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq						
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>		2,347773895	2,6141973	-1,798025839	-1,866479499	-1,12512E-05	0,011656612	0,00038965
SO <sub>2</sub>		27,23859849	15,1748996	0,003297258	0,003297258	8,91151E-05	-2,714626185	0,149230778
CO		32,10213381	38,92428916	-4,097013536	-3,800448398	-0,029616083	-1,108865837	-0,62325648
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo		40,35183664	56,68195765	12,47639082	10,48380947	-0,029739684	1,201484816	4142,137161
Transporte		21,33666956	0,031428414	0,007454175	0,007454175	0,000201464	0,00382782	0,009267353
Créditos		0	0	-18,37558711	-16,15489429	0	-5,017148046	-4142,620063

PROCESSO							
Processo por ton resíduo - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>2</sup> de painel
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		2,51808E-05	0	0,004672584	0,004804035	-0,126542222	0,138956976
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		4,02885E-05	0,765	0,011341788	0,004983853	-0,0004	0,023390907
SO <sub>2</sub>		0,004201901	2,0652	0	0	0	0,68808342
Processo para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		2,66685325	0	0,314337437	0,32318055	-0,120516402	3,259484622
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		4,266877794	140,4	0,762993011	0,335277353	-0,000380952	0,548675596
SO <sub>2</sub>		445,0149735	379,0249412	0	0	0	16,14022837
TRANSPORTE							
Transporte por ton km - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>		4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05
Transporte para o total de km - unidade		kg C <sub>2</sub> O <sub>6</sub> eq / ton					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05
SO <sub>2</sub>		0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877
Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		2,222848702	0,003274204	0,000776574	0,000776574	2,09885E-05	0,000398781
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		3,616238192	0,005326634	0,001263368	0,001263368	3,41451E-05	0,000648757
SO <sub>2</sub>		235,9499888	0,3475488	0,082431446	0,082431446	0,002227877	0,042329661
CRÉDITOS							
Crédito por ton resíduo - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton resíduo		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto			kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>2</sup> de painel
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		0	0	0,005795418	0,006528504	0	0,108950934
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		0	0	0,011428538	0,005536674	0	0,046040937
SO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	3,583108013
Crédito para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		0	0	0,389873569	0,439190301	0	2,555639187
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		0	0	0,76882892	0,37246716	0	1,079972602
SO <sub>2</sub>		0	0	0	0	0	84,04821266
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS							
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
NH <sub>3</sub>		4,889701952	0,003274204	-0,074759558	-0,115233178	-0,120495414	0,704244217
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>		7,883115986	140,4053266	-0,004572541	-0,035926438	-0,000346807	-0,530648249
SO <sub>2</sub>		680,9649623	379,37249	0,082431446	0,082431446	0,002227877	-67,86565463
Potencial de acidificação		Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
Processo		451,9487045	519,4249412	1,077330448	0,658457903	-0,120897355	19,94838859
Transporte		241,7890757	0,356149638	0,084471388	0,084471388	0,00228301	0,043377199
Créditos		0	0	-1,158702489	-0,811657461	0	-87,68382445

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto				kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel Madeira
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	0	0,001022128	0,001050883	-0,027681111	0,030396839	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,1989	1,164911943	0,858036595	0,208	0,151191651	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	0,025731	0,006124566	0,00269128	-0,000216	0,01263109	0,001802184
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,31423E-10	0	0	0	0	8,74094E-07	1,08375E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	3,45184E-08	0	0	0	0	2,89908E-05	0,001042149
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,41637E-07	0	5,98711E-06	7,32939E-06	-0,000117778	0,13820599	0,007193199
CQO	0,000229355	0,0059378	0,0113638	0,016312762	-0,09333E-05	0,042454139	0,006522755
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	0,0139902	0	0	-0,001232	0,013234448	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	0	0	0	-0,013713333	0,00050833	0,003716583
P	6,31974E-07	0,00371484	0	0	0	0,03326101	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	0,06328	0,01163514	0,007640734	-0,000444444	0,057324611	0,229215151

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,583374148	0	0,068761314	0,070695745	-0,026362963	0,713012261	6,953701393
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	396,5179136	36,504	78,36680344	57,72246185	0,198095238	3,56470826	12,89617944
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	2,304114009	4,722395294	0,412016226	0,181049771	-0,000205714	0,296284822	0,332264299
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,74635E-05	0	0	0	0	2,05034E-05	0,000199808
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	0,003655774	0	0	0	0	0,00068003	0,192138459
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,0573637	0	0,000402769	0,000493068	-0,000112169	3,241868901	1,326192424
CQO	24,29049142	1,089760941	0,764473842	1,097404016	-8,66032E-05	0,995837833	1,202584475
N <sub>total</sub>	0,247702246	2,567613176	0	0	-0,001173333	0,310437667	0,358015977
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,126147059	0	0	0	-0,013060318	0,011923781	0,685217367
P	0,066931053	0,6817824	0	0	0	0,780196523	0,164628514
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,911567949	11,61374118	0,7827276	0,514013028	-0,00042328	1,344651369	42,25983691

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07
CQO	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472
N <sub>total</sub>	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07
P	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07

Transporte para o total de km e dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,486248154	0,000716232	0,000169876	0,000169876	4,59123E-06	8,72334E-05	0,000211197
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	251,036074	0,369770249	0,087701918	0,087701918	0,002370322	0,04503612	0,109034817
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,952768624	0,002876382	0,000682219	0,000682219	1,84383E-05	0,000350329	0,000848164
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,05041E-05	7,43914E-08	1,76441E-08	1,76441E-08	4,76868E-10	9,06049E-09	2,19359E-08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	0,000945912	1,39331E-06	3,30464E-07	3,30464E-07	8,93145E-09	1,69698E-07	4,10847E-07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,047055422	6,93115E-05	1,64393E-05	1,64393E-05	4,44305E-07	8,44179E-06	2,0438E-05
CQO	14,66525921	0,021601583	0,005123452	0,005123452	0,000138472	0,002630962	0,006369698
N <sub>total</sub>	0,181273114	0,000267011	6,33295E-05	6,33295E-05	1,71161E-06	3,25206E-05	7,8734E-05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,105680508	0,000155665	3,69205E-05	3,69205E-05	9,97852E-07	1,89592E-05	4,59012E-05
P	0,056108398	8,26464E-05	1,9602E-05	1,9602E-05	5,29784E-07	1,00659E-05	2,43701E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,085329085	0,000125688	2,98106E-05	2,98106E-05	8,05691E-07	1,53081E-05	3,70618E-05

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto				
	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	0	0	0,001267748	0,00142811	0	0,023833017	0,0377623
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	1,43140348	1,135437134	0	0,479059487	0,072805799
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0,006171411	0,002989804	0	0,024862106	0,001857716

NO <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	6,78809E-06	1,06961E-06
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	0	0	0	0	0	0,020147497	0,00104082
NO <sup>3-</sup>	0	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0	0,122709699	0,007658922
CQO	0	0	0,021497946	0,031909117	0	0,07790936	0,006763172
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0	0,107306966	0,001941335
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0,046795303	0,003717301
P	0	0	0	0	0	0,045643342	0,000907515
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0,015192594	0,011598023	0	1,284479473	0,225629932

Crédito para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq						
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0	0	0,085284843	0,096072878	0	0,559046072	6,962143018	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0	0	96,29441593	76,38395265	0	11,23719784	13,42302722	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0	0	0,415167617	0,201132266	0	0,583185205	0,342502476	
NO <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0,000159227	0,000197201	
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
P	0	0	0	0	0	0,472595615	0,191893354	
NO <sup>3-</sup>	0	0	0,000420599	0,000607235	0	2,878375663	1,41205677	
CQO	0	0	1,446225468	2,146613312	0	1,827503514	1,246909516	
N <sub>total</sub>	0	0	0	0	0	2,517076984	0,357919103	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	1,097667604	0,685349723	
P	0	0	0	0	0	1,070646287	0,167316271	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	1,022047233	0,780230638	0	30,12976542	41,59883892	

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq						
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira	
NH <sub>3</sub>	1,069622302	0,000716232	-0,016353653	-0,025207258	-0,026358372	0,154053422	-0,008230428	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	647,5539876	36,87377025	-17,83991057	-18,57378889	0,20046556	-7,645690896	-0,417812964	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	4,256882632	4,725271676	-0,002469172	-0,019400277	-0,000187276	-0,286550055	-0,009390013	
NO <sup>3-</sup>	0,000127968	7,43914E-08	1,76441E-08	1,76441E-08	4,76868E-10	-0,000138714	2,62917E-06	
NO <sub>2</sub> -	0	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
P	0,004601686	1,39331E-06	3,30464E-07	3,30464E-07	8,93145E-09	-0,471915415	0,000245516	
NO <sup>3-</sup>	0,104419122	6,93115E-05	-1,39019E-06	-9,77282E-05	-0,00011725	0,36350168	-0,085843908	
CQO	38,95575064	1,111362524	-0,676628173	-1,044085844	5,18685E-05	-0,829034719	-0,037955344	
N <sub>total</sub>	0,42897536	2,567880188	6,33295E-05	6,33295E-05	-0,001171622	-2,206606797	0,000175608	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,231827568	0,000155665	3,69205E-05	3,69205E-05	-0,01305932	-1,085724864	-8,64545E-05	
P	0,123039451	0,681865046	1,9602E-05	1,9602E-05	5,29784E-07	-0,290439699	-0,002663387	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,996897034	11,61386686	-0,239289822	-0,2661878	-0,000422475	-28,78509875	0,661035047	

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	425,1093384	57,17929299	80,39518519	59,58611747	0,156670857	11,24138452	66,37095906
Transporte	268,616793	0,395666236	0,093843915	0,093843915	0,002536322	0,048190118	0,116670813
Créditos	0	0	-99,26356169	-79,60860898	0	-52,37321944	-66,38815357



3º caso de estudo - 3.2 cenário de tratamento/ reciclagem

**PROCESSO**

Processo por ton produto - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto				kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	0,221657059	3,0892762	8,897627068	4,78209284	-1,101777775	0,238341418	0,231000376
carvão lignite	0,008376763	0,079476931	0	0	-0,06963489	0,141124371	0,181366509
gás natural	0,041467161	1,94482992	5,080512305	4,765659657	0,335768882	4,153996158	1,143395149
petróleo	0,255558247	0,287163273	2,244719559	1,386297523	-0,669999993	0,589246274	0,646204769

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	24841,54052	566,9730438	598,5676391	321,7044274	-1,049312166	5,99724624	42,58897449
carvão lignite	938,8001816	14,5863543	0	0	-0,066318943	3,310324754	33,43809986
gás natural	4647,305964	356,9334912	341,7799187	320,5989224	0,319779888	97,43941606	210,8049681
petróleo	28640,91305	52,70290657	151,0084067	93,26001516	-0,638095232	13,82182617	119,1391934

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq /ton km						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq /ton						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	1,54508E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05
carvão lignite	1,39978E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05
gás natural	0,000211292	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,00105646
petróleo	0,002724795	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,013623973

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	1,731603842	0,012051641	0,002858402	0,002858402	7,72541E-05	0,001467828	0,003553689
carvão lignite	1,56876575	0,010918318	0,002589601	0,002589601	6,99892E-05	0,001329795	0,003219504
gás natural	23,6799182	0,16480783	0,039089037	0,039089037	0,00105646	0,020072749	0,048597181
petróleo	305,3730642	2,125339782	0,504087	0,504087	0,013623973	0,258855486	0,626702756

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto				kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	0,22192253	0	9,00549412	5,475886684	0	1,182744193	0,227803725
carvão lignite	0,009121493	0	0	0	0	0,740000473	0,17840079
gás natural	0,041586507	0	23,70465781	23,27344385	0	0,930339766	1,142349714
petróleo	0,263913069	0	7,33648995	6,435800508	0	2,073408264	0,661612384

Crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	24871,29235	0	605,8241499	368,3778315	0	27,7433823	41,99961587
carvão lignite	1022,26356	0	0	0	0	17,35803579	32,89131744
gás natural	4660,681271	0	1594,67698	1565,668041	0	21,82278462	210,6122239
petróleo	29577,25429	0	493,5456875	432,9538524	0	48,63550249	121,9798577

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Depleção de recursos abióticos							
carvão hulha	-28,02022739	566,9850954	-7,253652369	-46,67054565	-1,049234912	-22,1511898	0,592912308
carvão lignite	-81,89461233	14,59727262	0,002589601	0,002589601	-0,066248954	-14,0463812	0,55000193
gás natural	10,30461104	357,098299	-1252,857972	-1245,03003	0,320836348	75,63670419	0,241341424
petróleo	-630,9681731	54,82824636	-342,0331938	-339,1897502	-0,624471259	-34,5548208	-2,213961515

Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	59068,55971	991,1957958	1091,355965	735,563365	-1,433946454	120,1622916	405,9712359
Transporte	332,353352	2,3113117571	0,548624039	0,548624039	0,014827677	0,281725858	0,68207313
Créditos	-60131,49147	0	-2694,046818	-2366,999725	0	-115,559705	-407,4830149

Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
10	50	50	50	50	50	50

**PROCESSO**

Processo por ton residuo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto				kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>	251,4664707	949,5	2493,5676	1582,5014	-375,55556	770,64212	224,9201772	
CH <sub>4</sub>	5,097736797	59,3	197,241045	157,74581	-0,111111111	41,02670472	13,28527436	
N <sub>2</sub> O	0,265448005	28,3994	6,759705648	2,97037612	-0,2384	13,94098057	1,989077402	

Processo para o total dos residuos - unidade	kg Sb-eq		kg CO <sup>2</sup> eq				
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	28182339,66	174261,1765	167749,0931	106459,1851	-357,6719619	18076,79047	41467,98318
CH <sub>4</sub>	571313,3426	10883,29412	13268,94303	10611,99085	-0,105820105	962,354802	2449,373554
N <sub>2</sub> O	29749,27756	5212,125176	454,7438345	199,8253026	-0,227047619	327,0106554	366,7213376

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq / ton km						
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009

Transporte para o total de km - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq / ton						
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	0,44758942	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471	2,2379471
CH <sub>4</sub>	0,011787992	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,058939961
N <sub>2</sub> O	0,004070095	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,020350474

Transporte para o total de km e dos residuos- unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	50162,22253	349,1197476	82,8040427	82,8040427	2,2379471	42,5209949	102,9455666
CH <sub>4</sub>	1321,103359	9,194633888	2,18077855	2,18077855	0,058939961	1,119859256	2,711238198
N <sub>2</sub> O	456,1434841	3,174673888	0,752967525	0,752967525	0,020350474	0,386658999	0,936121787

**CRÉDITOS**

Crédito por ton residuo - unidade	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg CO <sup>2</sup> eq / ton produto				kg CO <sup>2</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>	252,8761149	0	2999,595	2173,6567	0	706,0308415	225,9490743	
CH <sub>4</sub>	5,123266168	0	308,637675	273,38225	0	39,00386363	13,29117398	
N <sub>2</sub> O	0,281788595	0	6,811408648	3,299857704	0	27,44039861	2,050367545	

Crédito para o total dos residuos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	28340321,25	0	201790,9364	146227,8144	0	16561,21727	41657,67841
CH <sub>4</sub>	574174,4691	0	20762,89814	18391,16955	0	914,9054431	2450,461251
N <sub>2</sub> O	31580,59955	0	458,2220363	221,9904274	0	643,663671	378,0212514

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos residuos - unidade	kg CO <sup>2</sup> eq						
	Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel
CO <sub>2</sub>	-107819,3631	174610,2962	-33959,03923	-39685,82523	-355,4340148	1558,094195	-86,74966678
CH <sub>4</sub>	-1540,02321	10892,48875	-7491,774331	-7776,997912	-0,046880144	48,5692182	1,623540923
N <sub>2</sub> O	-1375,178502	5215,29985	-2,725234294	-21,41215723	-0,206697145	-316,266357	-10,36379201

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	28783402,28	190356,5958	181472,78	117271,0012	-358,0048296	19366,15593	44284,07807
Transporte	51939,46938	361,4890554	85,73778877	85,73778877	2,317237534	44,02751315	106,5929266
Créditos	-28946076,31	0	-223012,0565	-164840,9743	0	-18119,7864	-44486,16092

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto				kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
CH <sub>4</sub>	0,001223457	0,014232	0,047337851	0,037858994	-2,66667E-05	0,009846409	0,003188466
SO <sub>2</sub>	0,007144499	0,082608	0	0	0	0,027523337	22,45602075
CO	0,004393906	0,212004	0,138122013	0,117981417	-0,031200001	0,013851449	0,007526632

Processo para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq		kg Sb-eq				kg Sb-eq / m <sup>3</sup> de painel
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
CH <sub>4</sub>	137,1152022	2,611990588	3,184546327	2,546877805	-2,53968E-05	0,230965152	0,587849653
SO <sub>2</sub>	800,698007	15,16099765	0	0	0	0,645609135	4140,161644
CO	492,4336571	38,90896941	9,291844491	7,936931669	-0,029714287	0,324910529	1,387666821

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton km						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq / ton						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>	2,82912E-06	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05
SO <sub>2</sub>	1,7823E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05
CO	1,96407E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CH <sub>4</sub>	0,317064806	0,002206712	0,000523387	0,000523387	1,41456E-05	0,000268766	0,000650697
SO <sub>2</sub>	1,997460223	0,013901952	0,003297258	0,003297258	8,91151E-05	0,001693186	0,004099294
CO	2,201172232	0,01531975	0,00363353	0,00363353	9,82035E-05	0,001865867	0,004517362

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg Sb-eq/ ton produto				kg Sb-eq * ton/ m <sup>3</sup> de
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	
CO <sub>2</sub>	0,001229584	0	0,074073042	0,06561174	0	0,009360927	0,003189882
CH <sub>4</sub>	0,007254414	0	0	0	0	0,143324321	22,45523356
N <sub>2</sub> O	0,00451339	0	0,199077577	0,174528581	0	0,061203695	0,01093164

Crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>	137,8018726	0	0,074073042	0,06561174	0	0,009360927	0,003189882
CH <sub>4</sub>	813,016365	0	0	0	0	0,143324321	22,45523356
N <sub>2</sub> O	505,8244727	0	0,199077577	0,174528581	0	0,061203695	0,01093164

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Formação de oxidantes fotoquímicos	kg Sb-eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
CO <sub>2</sub>	-0,36960557	2,6141973	-1,798025839	-1,866479499	-1,12512E-05	0,011656612	0,000389855
CH <sub>4</sub>	-10,32089779	15,1748996	0,003297258	0,003297258	8,91151E-05	-2,71462619	0,149230778
N <sub>2</sub> O	-11,1896434	38,92428916	-4,097013536	-3,800448398	-0,029616083	-1,10886584	-0,623255648

Formação de oxidantes fotoquímicos	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	1430,246866	56,68195765	12,47639082	10,48380947	-0,029739684	1,201484816	4142,137161
Transporte	4,515697261	0,031428414	0,007454175	0,007454175	0,000201464	0,00382782	0,009267353
Créditos	-1456,64271	0	-18,37558711	-16,15489429	0	-5,01714805	-4142,620063

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto				kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,012827233	0	0,004672584	0,004804035	-0,126542222	0,138956976	0,172418348	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000445383	0,765	0,011341788	0,004983853	-0,0004	0,023390907	0,003337378	
SO <sub>2</sub>	0,178612479	2,0652	0	0	0	0,68808342	561,4005187	

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg Sb-eq		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq				
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	1437,573089	0	0,314337437	0,32318055	-0,120516402	3,259484622	31,78834922
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	49,91489524	140,4	0,762993011	0,335277353	-0,000380952	0,548675596	0,615304258
SO <sub>2</sub>	20017,45017	379,0249412	0	0	0	16,14022837	103504,0411

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton km						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05

Transporte para o total de km - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	4,1977E-06	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05	2,09885E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-06	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05	3,41451E-05
SO <sub>2</sub>	0,000445575	0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877	0,002227877

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	0,47044417	0,003274204	0,000776574	0,000776574	2,09885E-05	0,000398781	0,00096547
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,765341416	0,005326634	0,001263368	0,001263368	3,41451E-05	0,000648757	0,001570674
SO <sub>2</sub>	49,93650558	0,3475488	0,082431446	0,082431446	0,002227877	0,042329661	0,102482338

**CRÉDITOS**

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de acidificação	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / ton produto				kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,012837879	0	0,005795418	0,006528504	0	0,108950934	0,172627659	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,0004728	0	0,011428538	0,005536674	0	0,046040937	0,003440214	
SO <sub>2</sub>	0,181360347	0	0	0	0	3,583108013	561,3808391	

Crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	1438,766287	0	0,389873569	0,439190301	0	2,555639187	31,82693951
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	52,98758313	0	0,76882892	0,37246716	0	1,079972602	0,634263845
SO <sub>2</sub>	20325,40912	0	0	0	0	84,04821266	103500,4128

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq						
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	-0,722753559	0,003274204	-0,074759558	-0,115233178	-0,120495414	0,704244217	-0,037624815
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	-2,30734648	140,4053266	-0,004572541	-0,035926438	-0,000346807	-0,53064825	-0,017388913
SO <sub>2</sub>	-258,0224448	379,37249	0,082431446	0,082431446	0,002227877	-67,8656546	3,730769448

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	21504,93816	519,4249412	1,077330448	0,658457903	-0,120897355	19,94838859	103536,4448
Transporte	51,17229116	0,356149638	0,084471388	0,084471388	0,00228301	0,043377199	0,105018483
Créditos	-21817,16299	0	-1,158702489	-0,811657461	0	-87,6838244	-103532,874

**PROCESSO**

Processo por ton residuo - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro		Papel
NH <sub>3</sub>	0,002805957	0		0,001022128	0,001050883	-0,027681111	0,030396839	0,037716514
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,057225529	0,1989		1,164911943	0,858036595	0,208	0,151191651	0,069948204
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0		0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,000240507	0,025731		0,006124566	0,00269128	-0,000216	0,01263109	0,001802184
NO <sup>3-</sup>	3,17543E-07	0		0	0	0	8,74094E-07	1,08375E-06
NO <sub>2</sub>	0	0		0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0		0	0	0	0	0
P	1,89798E-05	0		0	0	0	2,89908E-05	0,001042149
NO <sup>3-</sup>	0,00077672	0		5,98711E-06	7,32939E-06	-0,000117778	0,13820599	0,007193199
CQO	0,001825481	0,0059378		0,0113638	0,016312762	-9,09333E-05	0,042454139	0,006522755
N <sub>total</sub>	3,20556E-05	0,0139902		0	0	-0,001232	0,013234448	0,00194186
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,84964E-05	0		0	0	-0,013713333	0,00050833	0,003716583
P	1,02347E-05	0,00371484		0	0	0	0,03326101	0,000892936
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,02450649	0,06328		0,01163514	0,007640734	-0,000444444	0,057324611	0,229215151

Processo para o total dos residuos - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro		Papel
NH <sub>3</sub>	777,1462119	0		0,068761314	0,070695745	-0,026362963	0,713012261	6,953701393
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	15849,35211	36,504		78,36680344	57,72246185	0,198095238	3,546470826	12,89617944
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0		0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	66,61141544	4,722395294		0,412016226	0,181049771	-0,000205714	0,296284822	0,332264299
NO <sup>3-</sup>	0,087947616	0		0	0	0	2,05034E-05	0,000199808
NO <sub>2</sub>	0	0		0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0		0	0	0	0	0
P	5,256715169	0		0	0	0	0,00068003	0,192138459
NO <sup>3-</sup>	215,1226779	0		0,000402769	0,000493068	-0,000112169	3,241868901	1,326192424
CQO	505,5906629	1,089760941		0,764473842	1,097404016	-8,66032E-05	0,995837833	1,202584475
N <sub>total</sub>	8,878209903	2,567613176		0	0	-0,001173333	0,0910437667	0,358015977
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	7,892445252	0		0	0	-0,013060318	0,011923781	0,685217367
P	2,834640383	0,6817824		0	0	0	0,780196523	0,164628514
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	6787,390177	11,61374118		0,7827276	0,514013028	-0,00042328	1,344651369	42,25983691

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro		Papel
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08		9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05		4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0		0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07		3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12		9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub>	0	0		0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0		0	0	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10		1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09		8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06		2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08		3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08		1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08		1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08		1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro		Papel
NH <sub>3</sub>	9,18246E-07	4,59123E-06		4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000474064	0,002370322		0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,002370322
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0		0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-06	1,84383E-05		1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-11	4,76868E-10		4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10
NO <sub>2</sub>	0	0		0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0		0	0	0	0	0
P	1,78629E-09	8,93145E-09		8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-08	4,44305E-07		4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07
CQO	2,76943E-05	0,000138472		0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000138472
N <sub>total</sub>	3,42322E-07	1,71161E-06		1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-07	9,97852E-07		9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07
P	1,05957E-07	5,29784E-07		5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-07	8,05691E-07		8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	8,05691E-07

Transporte para o total de km e dos residuos- unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq / m <sup>3</sup>			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq			kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata		Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro		Papel
NH <sub>3</sub>	0,25432022	0,000716232		0,000169876	0,000169876	4,59123E-06	8,72334E-05	0,000211197
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	131,298287	0,369770249		0,087701918	0,087701918	0,002370322	0,04503612	0,109034817
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0		0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	1,021347932	0,002876382		0,000682219	0,000682219	1,84383E-05	0,000350329	0,000848164
NO <sup>3-</sup>	2,6415E-05	7,43914E-08		1,76441E-08	1,76441E-08	4,76868E-10	9,06049E-09	2,19359E-08
NO <sub>2</sub>	0	0		0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0		0	0	0	0	0
P	0,000494736	1,39331E-06		3,30464E-07	3,30464E-07	8,93145E-09	1,69698E-07	4,10847E-07
NO <sup>3-</sup>	0,024611189	6,93115E-05		1,64393E-05	1,64393E-05	4,44305E-07	8,44179E-06	2,0438E-05
CQO	7,670305633	0,021601583		0,005123452	0,005123452	0,000138472	0,006369692	0,006369698
N <sub>total</sub>	0,094810475	0,000267011		6,33295E-05	6,33295E-05	1,71161E-06	3,25206E-05	7,8734E-05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,055273609	0,000155665		3,69205E-05	3,69205E-05	9,97852E-07	1,89592E-05	4,59012E-05
P	0,029346127	8,26464E-05		1,9602E-05	1,9602E-05	5,29784E-07	1,00659E-05	2,43701E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,044629294	0,000125688		2,98106E-05	2,98106E-05	8,05691E-07	1,53081E-05	3,70618E-05

## CRÉDITOS

Crédito por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg Sb-eq/ m <sup>3</sup>		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton produto				kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / m <sup>3</sup> de painel	
	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira	
NH <sub>3</sub>	0,002808286	0	0,001267748	0,00142811	0	0,023833017	0,0377623	
NO <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,0591801	0	1,43140348	1,135437134	0	0,479059487	0,072805799	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	0,000255312	0	0,006171411	0,002989804	0	0,024862106	0,001857716	
NO <sup>3-</sup>	3,47592E-07	0	0	0	0	6,78809E-06	1,06961E-06	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0	
P	1,85108E-05	0	0	0	0	0,020147497	0,00104082	
NO <sup>3-</sup>	0,000800445	0	6,25214E-06	9,02647E-06	0	0,122709699	0,007658922	
CQO	0,001953347	0	0,021497946	0,031909117	0	0,07790936	0,006763172	
N <sub>total</sub>	3,37958E-05	0	0	0	0	0,107306966	0,001941335	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,03446E-05	0	0	0	0	0,046795303	0,003717301	
P	1,06836E-05	0	0	0	0	0,045643342	0,000907515	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,025274173	0	0,015192594	0,011598023	0	1,284479473	0,225629932	

Crédito para o total dos resíduos - unidade

kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	777,7912498	0	0,085284843	0,096072878	0	0,559046072	6,962143018
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	16390,69585	0	96,29441593	76,38395265	0	11,23719784	13,42302722
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	70,71191668	0	0,415167617	0,201132266	0	0,583185205	0,342502476
NO <sup>3-</sup>	0,096270219	0	0	0	0	0,000159227	0,000197201
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	5,126815017	0	0	0	0	0,472595615	0,191893354
NO <sup>3-</sup>	221,6936155	0	0,000420599	0,000607235	0	2,878375663	1,41205677
CQO	541,004878	0	1,446225468	2,146613312	0	1,827503514	1,246909516
N <sub>total</sub>	9,360172789	0	0	0	0	2,517076984	0,357919103
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	8,404320241	0	0	0	0	1,097667604	0,685349723
P	2,958948791	0	0	0	0	1,070646287	0,167316271
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	7000,009964	0	1,022047233	0,780230638	0	30,12976542	41,59883892

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
NH <sub>3</sub>	-0,390717658	0,000716232	-0,016353653	-0,025207258	-0,026358372	0,154053422	-0,008230428
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	-410,0454525	36,87377025	-17,83991057	-18,57378889	0,20046556	-7,6456909	-0,417812964
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	-3,079153311	4,725271676	-0,002469172	-0,019400277	-0,000187276	-0,28655005	-0,009390013
NO <sup>3-</sup>	-0,008296187	7,43914E-08	1,76441E-08	1,76441E-08	4,76868E-10	-0,00013871	2,62917E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	0
P	0,130394888	1,39331E-06	3,30464E-07	3,30464E-07	8,93145E-09	-0,47191541	0,000245516
NO <sup>3-</sup>	-6,546326379	6,93115E-05	-1,39019E-06	-9,77282E-05	-0,000111725	0,36350168	-0,085843908
CQO	-27,74390942	1,111362524	-0,676628173	-1,044085844	5,18685E-05	-0,82903472	-0,037955344
N <sub>total</sub>	-0,387152411	2,567880188	6,33295E-05	6,33295E-05	-0,001171622	-2,2066068	0,000175608
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,45660138	0,000155665	3,69205E-05	3,69205E-05	-0,01305932	-1,08572486	-8,64545E-05
P	-0,094962281	0,681865046	1,9602E-05	1,9602E-05	5,29784E-07	-0,2904397	-0,002663387
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-212,5751569	11,61386686	-0,239289822	-0,2661878	-0,000422475	-28,7850987	0,661035047

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Plástico - HDPE	Plástico - LDPE	Vidro	Papel	Madeira
Processo	24226,16321	57,17929299	80,39518519	59,58611747	0,156670857	11,24138452	66,37095906
Transporte	140,4934526	0,395666236	0,093843915	0,093843915	0,002536322	0,048190118	0,116670813
Créditos	-25027,854	0	-99,26356169	-79,60860898	0	-52,3732194	-66,38815357

**3º caso de estudo - 3.3 cenário de tratamento/ incineração**

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,013514031	0,053384544	0,022976808
carvão lignite	0,002773987	0,046200257	0,008286064
gás natural	0,033979202	0,074177832	0,04737952
petróleo	0,019505286	0,040341818	0,038910639

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,621645441	1,975228131	0,436559361
carvão lignite	0,127603418	1,709409508	0,157435221
gás natural	1,56304327	2,744579767	0,900210876
petróleo	0,897243176	1,49264725	0,739302146

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	1,54508E-05	1,54508E-05	1,54508E-05
carvão lignite	1,39978E-05	1,39978E-05	1,39978E-05
gás natural	0,000211292	0,000211292	0,000211292
petróleo	0,002724795	0,002724795	0,002724795

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,000710738	0,00057168	0,000293566
carvão lignite	0,000643901	0,00051792	0,000265959
gás natural	0,009719436	0,007817807	0,00401455
petróleo	0,125340551	0,1008174	0,051771097

**CRÉDITOS**

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq/ MJ		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,000527001	0,000527001	0,000527001
carvão lignite	3,55961E-06	3,55961E-06	3,55961E-06
gás natural	0,000457824	0,000457824	0,000457824
petróleo	0,00016439	0,00016439	0,00016439

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq / ton		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	0,685101303	1,833963488	0,695641323
carvão lignite	0,004627487	0,012387428	0,004698679
gás natural	0,595171792	1,593229105	0,604328281
petróleo	0,213707244	0,572077853	0,216995048

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	31,51465993	67,85664904	13,21718514
carvão lignite	0,21286442	0,458334828	0,08927491
gás natural	27,37790244	58,94947688	11,48223734
petróleo	9,83053322	21,16688056	4,122905906

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Papel
Depleção de recursos abióticos			
carvão hulha	-30,89230375	-65,88084923	-12,78033221
carvão lignite	-0,084617101	1,251592601	0,068426269
gás natural	-25,80513973	-56,19707931	-10,57801192
petróleo	-8,807949493	-19,57341591	-3,331832662

Depleção de recursos abióticos	kg Sb-eq		
	Madeira	Plástico	Papel
Processo	3,209535304	7,921864656	2,233507604
Transporte	0,136414626	0,109724808	0,056345172
Créditos	-68,93596001	-148,4313413	-28,91160329

Factor de regressar vazio	1,74		
	Madeira	Plástico	Papel
Quantidade em ton	46	37	19
Distância em km	10	10	10
Net energy produced in MSWI (MJ/ kg)	1,30	3,48	1,32
Net energy produced in MSWI (MJ/ ton)	1300	3480	1320



PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq / ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	10,181774	2332,2184	18,368317
CH <sub>4</sub>	528,5287246	1548,828714	1,014816725
N <sub>2</sub> O	1,269141472	7,903195718	5,219700652
Processo para o total dos resíduos - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	468,361604	86292,0808	348,998023
CH <sub>4</sub>	24312,32133	57306,66243	19,28151778
N <sub>2</sub> O	58,38050771	292,4182416	99,17431239
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq / ton km		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009
Transporte para o total de km - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq / ton		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	0,44758942	0,44758942	0,44758942
CH <sub>4</sub>	0,011787992	0,011787992	0,011787992
N <sub>2</sub> O	0,004070095	0,004070095	0,004070095
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	20,58911332	16,56080854	8,50419898
CH <sub>4</sub>	0,54224764	0,43615571	0,223971851
N <sub>2</sub> O	0,187224357	0,150593505	0,0773318
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq / MJ		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	0,15641175	0,15641175	0,15641175
CH <sub>4</sub>	0,006482601	0,006482601	0,006482601
N <sub>2</sub> O	0,001525605	0,001525605	0,001525605
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq / ton		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	203,335275	544,31289	206,46351
CH <sub>4</sub>	8,427381463	22,55945192	8,557033485
N <sub>2</sub> O	1,983286668	5,30910585	2,013798771
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	9353,42265	20139,57693	3922,80669
CH <sub>4</sub>	387,6595473	834,6997209	162,5836362
N <sub>2</sub> O	91,23118674	196,4369165	38,26217665
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade			
Alterações climáticas	kg CO <sup>2</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
CO <sub>2</sub>	-8864,471933	66169,06468	-3565,304468
CH <sub>4</sub>	23925,20403	56472,39887	-143,0781466
N <sub>2</sub> O	-32,66345467	96,13191861	60,98946754
Alterações climáticas	Madeira	Plástico	Papel
Processo	24839,06344	143891,1615	467,4538532
Transporte	21,31858532	17,14755775	8,805502631
Créditos	-9832,313384	-21170,71357	-4123,652503

PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq /ton resíduo	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,126846894	0,371718891	0,000243556
SO <sub>2</sub>	0,000616729	0,003766593	0,001443627
CO	0,006835494	0,006807718	0,007102056
Processo para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	5,834957119	13,75359898	0,004627564
SO <sub>2</sub>	0,028369548	0,139363937	0,027428922
CO	0,31443274	0,25188555	0,134939068
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade		kg Sb-eq /ton km	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06
Transporte para o total de km - unidade		kg Sb-eq /ton	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	2,82912E-06	2,82912E-06	2,82912E-06
SO <sub>2</sub>	1,7823E-05	1,7823E-05	1,7823E-05
CO	1,96407E-05	1,96407E-05	1,96407E-05
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg Sb-eq	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,000130139	0,000104677	5,37532E-05
SO <sub>2</sub>	0,000819859	0,000659452	0,000338637
CO	0,000903472	0,000726706	0,000373173
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade		kg Sb-eq /Mj	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	1,55582E-06	1,55582E-06	1,55582E-06
SO <sub>2</sub>	3,86343E-05	3,86343E-05	3,86343E-05
CO	1,13192E-06	1,13192E-06	1,13192E-06
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade		kg Sb-eq / ton	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,002022572	0,005414268	0,002053688
SO <sub>2</sub>	0,050224564	0,134447296	0,05099725
CO	0,001471498	0,003939088	0,001494137
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade		kg Sb-eq	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	0,093038291	0,200327933	0,039020073
SO <sub>2</sub>	2,310329963	4,974549934	0,96894775
CO	0,067688925	0,145746253	0,028388599
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq	
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
CH <sub>4</sub>	5,742048967	13,55337573	-0,034338755
SO <sub>2</sub>	-2,281140557	-4,834526546	-0,941180191
CO	0,247647287	0,106866003	0,106923642
Formação de oxidantes fotoquímicos		Madeira	Plástico
Processo	6,177759406	14,14484847	0,166995554
Transporte	0,001853471	0,001490835	0,16236799
Créditos	-2,471057179	-5,32062412	0,134939068

PROCESSO			
Processo por ton resíduo - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,013976932	0,021429064	0,018288541
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,002129432	0,013260396	0,008757887
SO <sub>2</sub>	0,015418232	0,094164822	0,036090686
Processo para o total dos resíduos - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,642938872	0,792875368	0,347482275
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,097953872	0,490634634	0,166399853
SO <sub>2</sub>	0,70923869	3,484098414	0,685723042
TRANSPORTE			
Transporte por ton km - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	4,1977E-07	4,1977E-07	4,1977E-07
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-07	6,82902E-07	6,82902E-07
SO <sub>2</sub>	4,45575E-05	4,45575E-05	4,45575E-05
Transporte para o total de km - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	4,1977E-06	4,1977E-06	4,1977E-06
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	6,82902E-06	6,82902E-06	6,82902E-06
SO <sub>2</sub>	0,000445575	0,000445575	0,000445575
Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,000193094	0,000155315	7,97563E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,000314135	0,000252674	0,000129751
SO <sub>2</sub>	0,020496468	0,016486289	0,008465932
CRÉDITOS			
Crédito por MJ/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ MJ		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06	2,55974E-06
SO <sub>2</sub>	0,000965857	0,000965857	0,000965857
Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ ton		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112	0,008277732
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896	0,003378857
SO <sub>2</sub>	1,25561411	3,361182388	1,274931251
Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,375006355	0,807455155	0,157276913
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,153072461	0,329592142	0,064198283
SO <sub>2</sub>	57,75824908	124,3637484	24,22369376
PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS			
Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade			
Potencial de acidificação	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,268125611	-0,014424472	0,190285119
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	-0,054804454	0,161295165	0,102331321
SO <sub>2</sub>	-57,02851392	-120,8631636	-23,52950479
Potencial de acidificação	Madeira	Plástico	Papel
Processo	1,450131434	4,767608416	1,19960517
Transporte	0,021003697	0,016894278	0,852122895
Créditos	-58,28632789	-125,5007956	0,685723042

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton resíduo		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,003057454	0,004687608	0,004000618
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,04828487	74,524008	0,064102643
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,001149893	0,007160614	0,004729259
NO <sup>3-</sup>	2,11425E-08	2,67202E-07	5,84305E-08
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	0,00033414	6,08372E-06	0,000380841
NO <sup>3-</sup>	0,004820403	0,030290415	0,02001669
CQO	0,218524042	0,34466938	0,22026433
N <sub>total</sub>	0,028278081	0,00015336	5,41809E-05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,38382E-06	0,000233446	3,57463E-05
P	4,26664E-06	4,35233E-05	9,247E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,014229186	0,00193198	0,01834429

Processo para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,140642878	0,173441487	0,076011748
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,221104038	2757,388296	1,217950208
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,052895091	0,264942702	0,089855921
NO <sup>3-</sup>	9,72556E-07	9,88646E-06	1,11018E-06
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	0,015370428	0,000225098	0,007235974
NO <sup>3-</sup>	0,221738547	1,120745355	0,38031711
CQO	10,05210593	12,75276706	4,18502227
N <sub>total</sub>	1,300791729	0,005674315	0,001029438
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,000431656	0,008637496	0,000679181
P	0,000196265	0,001610364	0,000175693
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,654542556	0,071483275	0,34854151

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton km		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08

Transporte para o total de km - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq /ton		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	9,18246E-07	9,18246E-07	9,18246E-07
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,000474064	0,000474064	0,000474064
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	3,68767E-06	3,68767E-06	3,68767E-06
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-11	9,53736E-11	9,53736E-11
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	1,78629E-09	1,78629E-09	1,78629E-09
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-08	8,88609E-08	8,88609E-08
CQO	2,76943E-05	2,76943E-05	2,76943E-05
N <sub>total</sub>	3,42322E-07	3,42322E-07	3,42322E-07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-07	1,9957E-07	1,9957E-07
P	1,05957E-07	1,05957E-07	1,05957E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,61138E-07	1,61138E-07	1,61138E-07

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	4,22393E-05	3,39751E-05	1,74467E-05
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,021806963	0,017540384	0,009007224
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0,000169633	0,000136444	7,00657E-05
NO <sup>3-</sup>	4,38718E-09	3,52882E-09	1,8121E-09
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0
P	8,21693E-08	6,60927E-08	3,39395E-08

NO <sup>3-</sup>	4,0876E-06	3,28785E-06	1,68836E-06
CQO	0,00127394	0,00102469	0,000526192
N <sub>total</sub>	1,57468E-05	1,26659E-05	6,50412E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,18024E-06	7,3841E-06	3,79184E-06
P	4,87402E-06	3,9204E-06	2,01318E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	7,41235E-06	5,96211E-06	3,06162E-06

### CRÉDITOS

Crédito por MJ/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / MJ		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	6,27101E-06	6,27101E-06	6,27101E-06
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,55974E-06	2,55974E-06	2,55974E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000965857	0,000965857	0,000965857
N <sub>2</sub> O	1,37178E-06	1,37178E-06	1,37178E-06
NO <sup>3-</sup>	5,51568E-05	5,51568E-05	5,51568E-05
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,38226E-06	1,38226E-06	1,38226E-06
P	2,98058E-10	2,98058E-10	2,98058E-10
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	1,6274E-07	1,6274E-07	1,6274E-07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	4,13442E-06	4,13442E-06	4,13442E-06
P	2,5562E-06	2,5562E-06	2,5562E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5,01905E-07	5,01905E-07	5,01905E-07

Crédito por ton resíduo/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,008152312	0,021823112	0,008277732
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,003327662	0,008907896	0,003378857
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,25561411	3,361182388	1,274931251
N <sub>2</sub> O	0,001783318	0,004773806	0,001810754
NO <sup>3-</sup>	0,071703896	0,191945815	0,072807033
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,001796938	0,004810264	0,001824583
P	3,87476E-07	1,03724E-06	3,93437E-07
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	0,000211562	0,000566334	0,000214816
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,005374752	0,014387797	0,00545744
P	0,003323064	0,008895587	0,003374188
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,000652476	0,001746628	0,000662514

Crédito para o total dos resíduos/ produção de energia - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	0,375006355	0,807455155	0,157276913
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	0,153072461	0,329592142	0,064198283
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	57,75824908	124,3637484	24,22369376
N <sub>2</sub> O	0,08203264	0,176630815	0,034404325
NO <sup>3-</sup>	3,298379229	7,101995143	1,38333363
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,082659129	0,177979757	0,034667073
P	1,78239E-05	3,8378E-05	7,4753E-06
NO <sup>3-</sup>	0	0	0
CQO	0	0	0
N <sub>total</sub>	0,009731831	0,020954358	0,004081511
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,247238585	0,532348499	0,103691366
P	0,152860945	0,329136711	0,064109574
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,0300139	0,064625246	0,012587769

### PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade Potencial de eutrofização	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq		
	Madeira	Plástico	Papel
NH <sub>3</sub>	-0,234321237	-0,633979693	-0,081247718
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	2,089838541	2757,076244	1,162759149
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-57,75824908	-124,3637484	-24,22369376
N <sub>2</sub> O	-0,028967916	0,088448331	0,055521662
NO <sup>3-</sup>	-3,298378252	-7,101985253	-1,383332518
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,082659129	-0,177979757	-0,034667073
P	0,015352686	0,000186786	0,007228532
NO <sup>3-</sup>	0,221742635	1,120748643	0,380318798
CQO	10,05337987	12,75379175	4,185548462
N <sub>total</sub>	1,291075644	-0,015267377	-0,003045569
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,246797749	-0,523703618	-0,103008394
P	-0,152659806	-0,327522427	-0,063931868
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,624536069	0,00686399	0,335956802

Potencial de eutrofização	Madeira	Plástico	Papel
Processo	14,65982009	2771,787833	6,306820161
Transporte	0,023334163	0,018768783	0,009638024
Créditos	-62,18926198	-133,9045046	-26,08205168

3º caso de estudo - 3.4 cenário de tratamento/ aterro

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade	kg Sb-eq /ton resíduo					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	0,000102372	0,000102372	0,013920593	0,000102372	0,012284604	0,002715146
carvão lignite	9,18045E-05	9,18045E-05	0,002834827	9,18045E-05	0,005742634	0,000922686
gás natural	0,000558992	0,000558992	0,034724603	0,000558992	0,015517942	0,006558409
petróleo	0,015082454	0,015082454	0,030347903	0,015082454	0,11308911	0,073653218

Processo para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	10,84196866	0,015969966	0,640347263	0,003787748	0,233407478	0,001357573
carvão lignite	9,722829091	0,014321499	0,130402056	0,003396766	0,109110052	0,000461343
gás natural	59,20173836	0,087202772	1,597331737	0,020682709	0,294840901	0,003279205
petróleo	1597,352505	2,352862775	1,396003519	0,558050786	2,148693097	0,036826609

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade	kg Sb-eq /ton km					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06	1,54508E-06
carvão lignite	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06	1,39978E-06
gás natural	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05	2,11292E-05
petróleo	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479	0,000272479

Transporte para o total de km - unidade	kg Sb-eq /ton					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	7,72541E-05	7,72541E-05	7,72541E-05	5,7168E-05	7,72541E-05	7,72541E-05
carvão lignite	6,99892E-05	6,99892E-05	6,99892E-05	5,1792E-05	6,99892E-05	6,99892E-05
gás natural	0,00105646	0,00105646	0,00105646	0,000781781	0,00105646	0,00105646
petróleo	0,013623973	0,013623973	0,013623973	0,01008174	0,013623973	0,013623973

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	8,181828155	0,012051641	0,003553689	0,002115217	0,001467828	3,86271E-05
carvão lignite	7,412418168	0,010918318	0,003219504	0,001916305	0,001329795	3,49946E-05
gás natural	111,8876135	0,16480783	0,048597181	0,028925887	0,020072749	0,00052823
petróleo	1442,887728	2,125339782	0,626702756	0,37302438	0,258855486	0,006811986

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado					
---------	-----------------	--	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade	kg Sb-eq					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Depleção de recursos abióticos						
carvão hulha	19,02379681	0,028021607	0,643900952	0,005902966	0,234875306	0,0013962
carvão lignite	17,13524726	0,025239817	0,13362156	0,005313071	0,110439847	0,000496338
gás natural	171,0893519	0,252010602	1,645928917	0,049608596	0,31491365	0,003807435
petróleo	3040,240233	4,478202556	2,022706275	0,931075166	2,407548584	0,043638595

Depleção de recursos abióticos	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Processo	1677,119041	2,470357011	3,764084575	0,585918009	2,786051529	0,04192473
Transporte	1570,369588	2,313117571	0,68207313	0,405981789	0,281725858	0,007413838
Créditos	0	0	0	0	0	0

Factor de regressar vazio	1,74					
	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Quantidade em ton	105.908	156	46	37	19	1
Distância em km	50	50	50	37	50	50

**PROCESSO**

Processo por ton residuo - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton residuo				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	2,3859862	2,3859862	11611,57	0,001061714	13,481673	6,5779828
CH <sub>4</sub>	0,033426916	0,033426916	738,99956	0,033426916	1046,305103	0,463539082
N <sub>2</sub> O	0,024011965	0,024011965	1279,070087	0,024011965	2,149382723	0,045131239

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	252695,0265	372,2138472	534132,22	0,0392834	256,151787	3,2889914
CH <sub>4</sub>	3540,17786	5,214598955	33993,97976	1,236795906	19879,79696	0,231769541
N <sub>2</sub> O	2543,059165	3,745866505	58837,224	0,888442697	40,83827173	0,022565619

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton km				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942	0,044758942
CH <sub>4</sub>	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799	0,001178799
N <sub>2</sub> O	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009	0,000407009

Transporte para o total de km - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq /ton				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	2,2379471	2,2379471	2,2379471	1,656080854	2,2379471	2,2379471
CH <sub>4</sub>	0,058939961	0,058939961	0,058939961	0,043615571	0,058939961	0,058939961
N <sub>2</sub> O	0,020350474	0,020350474	0,020350474	0,01505935	0,020350474	0,020350474

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	237016,5015	349,1197476	102,9455666	61,2749916	42,5209949	1,11897355
CH <sub>4</sub>	6242,21337	9,194633888	2,711238198	1,613776127	1,119859256	0,02946998
N <sub>2</sub> O	2155,277962	3,174673888	0,936121787	0,557195968	0,386658999	0,010175237

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado					
---------	-----------------	--	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg CO <sup>2</sup> eq				
Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CO <sub>2</sub>	489711,5279	721,3335948	534235,1656	61,314275	298,6727819	4,40796495
CH <sub>4</sub>	9782,39123	14,40923284	33996,691	2,850572033	19880,91682	0,261239522
N <sub>2</sub> O	4698,337128	6,920540393	58838,16012	1,445638665	41,22493073	0,032740856

Alterações climáticas	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Processo	258778,2635	381,1743127	626963,4238	2,164522002	20176,78702	3,543326561
Transporte	245413,9928	361,4890554	106,5929266	63,44596369	44,02751315	1,158618767
Créditos	0	0	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg Sb-eq /ton resíduo					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	8,02246E-06	8,02246E-06	0,177359894	8,02246E-06	0,251113225	0,000111249	
SO <sub>2</sub>	0,000168076	0,000168076	0,674969664	0,000168076	0,003335449	0,000448642	
CO	0,00020491	0,000200076	6,958861281	0,000200076	0,001609525	0,00052854	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	0,849642686	0,001251504	8,158555142	0,000296831	4,771151271	5,56247E-05	
SO <sub>2</sub>	17,80059894	0,026219865	31,04860454	0,006218814	1,7823E-06	0,000224321	
CO	21,70159501	0,031211803	320,1076189	0,007402799	0,030580966	0,00026427	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg Sb-eq /ton km					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07
SO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06
CO	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06

Transporte para o total de km - unidade		kg Sb-eq /ton					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05
SO <sub>2</sub>	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05
CO	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg Sb-eq					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	1,498131209	0,002206712	0,000650697	0,000387306	0,000268766	7,0728E-06	
SO <sub>2</sub>	9,437999554	0,013901952	0,004099294	0,002439971	0,001693186	4,45575E-05	
CO	10,40053879	0,01531975	0,004517362	0,002688812	0,001865867	4,91018E-05	

**CRÉDITOS**

Crédito Não considerado

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg Sb-eq					
Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
CH <sub>4</sub>	2,347773895	0,003458216	8,15920584	0,000684137	4,771420037	6,26975E-05	
SO <sub>2</sub>	27,23859849	0,040121817	31,05270384	0,008658785	0,065066723	0,000268879	
CO	32,10213381	0,046531553	320,1121363	0,010091612	0,032446833	0,000313372	

Formação de oxidantes fotoquímicos		Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Processo	40,35183664	0,058683171	359,3147786	0,013918445	4,865105773	0,000544216	
Transporte	21,33666956	0,031428414	0,009267353	0,00551609	0,00382782	0,000100732	
Créditos	0	0	0	0	0	0	



**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton resíduo					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	2,51808E-05	2,51808E-05	13,99603696	2,51808E-05	0,004439567	0,00018087	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,02885E-05	4,02885E-05	2,14609075	4,02885E-05	0,003606347	7,57236E-05	
SO <sub>2</sub>	0,004201901	0,004201901	16,8742416	0,004201901	0,083386232	0,011216049	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	2,66685325	0,003928212	643,8177002	0,000931691	0,084351774	9,0435E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	4,266877794	0,006285011	98,7201745	0,001490676	0,06852059	3,78618E-05	
SO <sub>2</sub>	445,0149735	0,655496618	776,2151136	0,155470352	1,584338416	0,005608025	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton km					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	2,82912E-07	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	1,7823E-06	
SO <sub>2</sub>	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	1,96407E-06	

Transporte para o total de km - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq /ton					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	1,41456E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	1,04677E-05	1,41456E-05	1,41456E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	8,91151E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	6,59452E-05	8,91151E-05	8,91151E-05	
SO <sub>2</sub>	9,82035E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	7,26706E-05	9,82035E-05	9,82035E-05	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	1,498131209	0,002206712	0,000650697	0,000387306	0,000268766	7,0728E-06	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	9,437999554	0,013901952	0,004099294	0,002439971	0,001693186	4,45575E-05	
SO <sub>2</sub>	10,40053879	0,01531975	0,004517362	0,002688812	0,001865867	4,91018E-05	

**CRÉDITOS**

Crédito	Não considerado					
---------	-----------------	--	--	--	--	--

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq					
Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	4,164984459	0,006134924	643,8183509	0,001318998	0,08462054	9,75078E-05	
No <sub>x</sub> incluindo NO <sub>2</sub>	13,70487735	0,020186963	98,72427379	0,003930646	0,070213777	8,24193E-05	
SO <sub>2</sub>	455,4155123	0,670816368	776,219631	0,158159164	1,586204283	0,005657126	

Potencial de acidificação	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Processo	451,9487045	0,665709842	1518,752988	0,157892719	1,73721078	0,005736321
Transporte	21,33666956	0,031428414	0,009267353	0,00551609	0,00382782	0,000100732
Créditos	0	0	0	0	0	0

**PROCESSO**

Processo por ton resíduo - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton resíduo					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	5,50831E-06	5,50831E-06	3,061633085	5,50831E-06	0,000971155	3,95653E-05	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,003743985	0,003743985	50,2765055	0,003743985	0,016854042	0,00797431	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	2,17558E-05	2,17558E-05	1,158889005	2,17558E-05	0,001947427	4,08907E-05	
NO <sup>3-</sup>	7,31423E-10	7,31423E-10	2,26428E-05	7,31423E-10	2,27549E-07	1,1153E-08	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	
P	3,45184E-08	3,45184E-08	0,334163995	3,45184E-08	5,69403E-06	2,19323E-07	
NO <sup>3-</sup>	5,41637E-07	5,41637E-07	4,8311252	5,41637E-07	0,49403189	6,05004E-06	
CQO	0,000229355	0,000229355	219,0766534	0,000229355	1,862125892	0,000528565	
N <sub>total</sub>	2,33884E-06	2,33884E-06	0,034453338	2,33884E-06	0,388650555	9,13691E-06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,1911E-06	1,1911E-06	0,009985571	1,1911E-06	0,621737094	5,01274E-06	
P	6,31974E-07	6,31974E-07	0,004914246	1,10447E-05	6,74372E-06	3,68072E-06	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	8,60717E-06	8,60717E-06	14,246024	8,60717E-06	0,007007896	0,00031301	

Processo para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,583374148	0,000859296	140,8351219	0,000203807	0,018451951	1,97827E-05	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	396,5179136	0,584061587	2312,719253	0,138527428	0,320226806	0,003987155	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	2,304114009	0,003393906	53,30889423	0,000804965	0,037001119	2,04454E-05	
NO <sup>3-</sup>	7,74635E-05	1,14102E-07	0,00104157	2,70626E-08	4,32342E-06	5,57651E-09	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	
P	0,003655774	5,38487E-06	15,37154378	1,27718E-06	0,000108187	1,09662E-07	
NO <sup>3-</sup>	0,0573637	8,44954E-05	222,2317592	2,00406E-05	9,38660591	3,02502E-06	
CQO	24,29049142	0,035779324	10077,52606	0,008486122	35,38039195	0,000264283	
N <sub>total</sub>	0,247702246	0,00036486	1,584853565	8,65372E-05	7,384360551	4,56845E-06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,126147059	0,000185812	0,459336265	4,40707E-05	11,81300479	2,50637E-06	
P	0,066931053	9,85879E-05	0,22605531	0,000408656	0,000128131	1,84036E-06	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,911567949	0,001342718	655,317104	0,000318465	0,133150016	0,000156505	

**TRANSPORTE**

Transporte por ton km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton km					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	9,18246E-08	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	4,74064E-05	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	3,68767E-07	
NO <sup>3-</sup>	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	9,53736E-12	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	
P	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	1,78629E-10	
NO <sup>3-</sup>	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	8,88609E-09	
CQO	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	2,76943E-06	
N <sub>total</sub>	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	3,42322E-08	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	1,9957E-08	
P	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	1,05957E-08	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,42322E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	1,61138E-08	

Transporte para o total de km - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq / ton					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	4,59123E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	3,39751E-06	4,59123E-06	4,59123E-06	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	0,002370322	0,002370322	0,002370322	0,001754038	0,002370322	0,002370322	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	1,84383E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	1,36444E-05	1,84383E-05	1,84383E-05	
NO <sup>3-</sup>	4,76868E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	3,52882E-10	4,76868E-10	4,76868E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	
P	8,93145E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	6,60927E-09	8,93145E-09	8,93145E-09	
NO <sup>3-</sup>	4,44305E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	3,28785E-07	4,44305E-07	4,44305E-07	
CQO	0,000138472	0,000138472	0,000138472	0,000102469	0,000138472	0,000138472	
N <sub>total</sub>	1,71161E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	1,26659E-06	1,71161E-06	1,71161E-06	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	9,97852E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	7,3841E-07	9,97852E-07	9,97852E-07	
P	5,29784E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	3,9204E-07	5,29784E-07	5,29784E-07	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,71161E-06	8,05691E-07	8,05691E-07	5,96211E-07	8,05691E-07	8,05691E-07	

Transporte para o total de km e dos resíduos- unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq					
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro	
NH <sub>3</sub>	0,486248154	0,000716232	0,000211197	0,000125708	8,72334E-05	2,29562E-06	
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	251,036074	0,369770249	0,109034817	0,064899419	0,04503612	0,001185161	
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
N <sub>2</sub> O	1,952768624	0,002876382	0,000848164	0,000504842	0,000350329	9,21917E-06	
NO <sup>3-</sup>	5,05041E-05	7,43914E-08	2,19359E-08	1,30566E-08	9,06049E-09	2,38434E-10	
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0	

P	0,000945912	1,39331E-06	4,10847E-07	2,44543E-07	1,69698E-07	4,46572E-09
NO <sup>3-</sup>	0,047055422	6,93115E-05	2,0438E-05	1,21651E-05	8,44179E-06	2,22152E-07
CQO	14,66525921	0,021601583	0,006369698	0,003791355	0,002630962	6,92358E-05
N <sub>total</sub>	0,181273114	0,000267011	7,8734E-05	4,68639E-05	3,25206E-05	8,55805E-07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,105680508	0,000155665	4,59012E-05	2,73212E-05	1,89592E-05	4,98926E-07
P	0,056108398	8,26464E-05	2,43701E-05	1,45055E-05	1,00659E-05	2,64892E-07
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,181273114	0,000125688	3,70618E-05	2,20598E-05	1,53081E-05	4,02845E-07

**CRÉDITOS**

Crédito Não considerado

**PROCESSO + TRANSPORTE - CRÉDITOS**

Processo + transporte + crédito para o total dos resíduos - unidade		kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq				
Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
NH <sub>3</sub>	1,069622302	0,001575529	140,8353331	0,000329515	0,018539184	2,20783E-05
No <sub>x</sub> , incluindo NO <sub>2</sub>	647,5539876	0,953831836	2312,828288	0,203426847	0,365262926	0,005172316
SO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	4,256882632	0,006270288	53,30974239	0,001309807	0,037351447	2,96645E-05
NO <sup>3-</sup>	0,000127968	1,88493E-07	0,001041592	4,01193E-08	4,33248E-06	5,81495E-09
NO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0	0	0	0	0	0
P	0,004601686	6,77818E-06	15,37154419	1,52172E-06	0,000108356	1,14127E-07
NO <sup>3-</sup>	0,104419122	0,000153807	222,2317796	3,22056E-05	9,386614352	3,24717E-06
CQO	38,95575064	0,057380907	10077,53243	0,012277476	35,38302291	0,000333518
N <sub>total</sub>	0,42897536	0,000631871	1,584932299	0,000133401	7,384393071	5,42426E-06
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,231827568	0,000341477	0,459382166	7,13919E-05	11,81302375	3,0053E-06
P	0,123039451	0,000181234	0,22607968	0,000423161	0,000138197	2,10525E-06
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,092841062	0,001468406	655,3171411	0,000340525	0,133165325	0,000156908

Potencial de eutrofização	Material inerte	Sucata	Madeira	Plástico	Papel	Vidro
Processo	425,1093384	0,626176085	13479,58102	0,148901395	64,47343373	0,004460226
Transporte	268,712737	0,395666236	0,116670813	0,069444497	0,048190118	0,001268161
Créditos	0	0	0	0	0	0