



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Avaliação do Ciclo de Vida de dois materiais de isolamento utilizados na construção civil: o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida

Gil Alves Lopes

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE – RAMO DE GESTÃO

Presidente do Júri: Manuel Afonso Magalhães da Fonseca Almeida
(Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador académico: Belmira de Almeida Ferreira Neto
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Ana Carina Vila Pouca Quintas
(Engenheira Coordenadora do Departamento de Ambiente da empresa SOPSEC, Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A.)

Porto, Fevereiro de 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2010/2011

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO
Rua Dr. Roberto Frias
4200-465 PORTO
Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

Correio electrónico: feup@fe.up.pt

Endereço electrónico: <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente – 2010/2011 – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

AGRADECIMENTOS

Para a realização deste trabalho contei com o apoio de algumas pessoas às quais não posso deixar de expressar os meus sinceros agradecimentos:

À Prof. Belmira Neto do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelo prestável apoio, pelas críticas e sugestões emitidas e pela disponibilidade que sempre demonstrou.

À Engenheira do Ambiente Ana Quintas, da empresa SOPSEC - Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A., pelo apoio prestado e pelo tempo disponibilizado na orientação do meu trabalho académico.

À minha família e amigos, pelo forte apoio e enorme incentivo.

RESUMO

Actualmente, o uso de materiais ecoeficientes na indústria da construção civil assume um papel preponderante, indo de encontro à satisfação do cliente e às necessidades do mercado. Tomam a designação de materiais ecoeficientes, aqueles aos quais estão associadas emissões com níveis de poluição reduzidos, que são duráveis, que podem ser reaproveitados, que são recicláveis ou obtidos a partir de fontes renováveis, que não são tóxicos e, que não contaminam o ar no interior das habitações.

As declarações ambientais de produto são documentos que evidenciam desempenhos técnicos e ambientais de diversos materiais, sendo usadas para reportar o desempenho ambiental dos materiais perante potenciais consumidores/clientes.

As declarações ambientais de produto são elaboradas a partir dos requisitos definidos nas Regras de Categoria de Produto (RCP) que são especificados em normas internacionais como a NP EN ISO 14025:2009 (*Rótulos e declarações ambientais, declarações ambientais tipo III – princípios e procedimentos*). As RCP e a Norma EN ISO 14025:2009 definem os conteúdos de uma declaração ambiental de uma determinada categoria de produto, incluindo também informação acerca do seu desempenho ambiental. A componente de desempenho ambiental das declarações ambientais é elaborada segundo os princípios da metodologia de avaliação de ciclo de vida (ACV), que define as etapas de *definição do objectivo e do âmbito, inventário de ciclo de vida, avaliação de impacte e interpretação*. A metodologia de avaliação do ciclo de vida é definida pela norma NP EN ISO 14040:2008.

Este trabalho tem como objectivo o estudo do desempenho ambiental de dois materiais de isolamento usados em fachadas exteriores de edifícios, sendo utilizados correntemente nos projectos de engenharia da empresa *SOPSEC, Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A.* Os materiais estudados incluem placas de poliestireno expandido e de aglomerado de cortiça expandida. O desempenho ambiental é avaliado tendo em linha de conta princípios da avaliação do ciclo de vida sendo elaboradas as declarações ambientais de produto para os materiais referidos. A avaliação ambiental faz uso de programa informático *SimaPro 7.2.4* usado correntemente para estudos de avaliação do ciclo de vida. Foram consideradas as fases de produção dos materiais, produção de plástico usado na embalagem, os transportes até ao local onde a obra de construção civil será realizada e os tratamentos de fim de vida.

A avaliação de impacte recorre à metodologia *CML baseline 2000*. Conclui-se que ambos os materiais contribuem para dez categorias de impacte ambiental.

A fase de produção do poliestireno expandido apresenta uma contribuição preponderante para o impacte. O mesmo é registado para a placa de cortiça expandida. Conclui-se que ambos os materiais contribuem preponderantemente para as categorias de impacte ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce) e depleção abiótica. O poliestireno possui uma contribuição adicional para a categoria aquecimento global.

Realça-se ainda que os valores absolutos de cada categoria de impacte são inferiores para o poliestireno, por comparação com os valores da cortiça expandida.

ABSTRACT

Currently, the use of eco-efficient materials in construction industry plays an important role, in order to meet the customer satisfaction and market needs. The so called eco-efficient materials, are those which are associated with reduced levels of pollution, are durable, can be reused, are recyclable or made from renewable sources, are not toxic and do not contaminate the air inside houses.

Environmental product declarations (EPD) are documents that present technical and environmental performances of various materials being used to report the environmental performance of materials to potential consumers/customers.

Environmental product declarations are prepared by considering requirements set by the Product Category Rules (PCR) which are specified in international standards such as ISO 14025:2009 (*Environmental labels and declarations, type III environmental declarations - principles and procedures*). The PCR and ISO 14025:2009 define the contents of an environmental statement for a certain product category, including information about their environmental performance. The environmental performance component of the EPD are prepared according to the principles of the methodology of life cycle assessment (LCA), following the steps of *defining goal and scope, life cycle inventory, impact assessment and interpretation*. The methodology for assessing the life cycle is defined in NP EN ISO 14040:2008.

The objective of the study is to assess the environmental performance of two materials used for insulation of building's facades. These materials are currently used in engineering projects within the company *SOPSEC, Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A.*

The materials studied include boards of expanded polystyrene (EPS) and insulation cork boards (ICB). Environmental performance is assessed by taking into account the principles of life cycle assessment and environmental statements for these materials. The environmental assessment uses *SimaPro 7.2.4*. This software is currently used in life cycle assessment studies. We considered the phases of materials production, production of plastics used in packaging, transport to the place where construction work will be made and end of life treatment.

We calculated the impact evaluation using the *CML baseline 2000* methodology. It is concluded that both materials contribute to 10 environmental impact categories.

The production phase for polystyrene has a predominant contribution to the impact.

The same is valid for the cork boards.

Both materials contribute mainly to the aquatic ecotoxicity (marine and freshwater) and abiotic depletion categories. In addition, polystyrene also contribute to the global warming category.

Finally, we refer that the absolute values for each impact category are lower for polystyrene in comparison with the calculated values for the insulation cork board.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE MATERIAIS USADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	1
1.2. OBJECTIVO	7
1.3. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	8
2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DOS MATERIAIS USADOS NESTE ESTUDO	10
2.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA	10
2.2. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS	11
2.2.1. Poliestireno expandido moldado (placas)	12
2.2.2. Aglomerado de cortiça expandida (placas)	17
3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COM RECURSO AO SIMAPRO 7.2.4.	24
3.1. A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)	24
3.2. DESCRIÇÃO DO SOFTWARE SIMAPRO	27
3.3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS	28
3.3.1. Definição do objectivo e do âmbito	28
3.3.1.1. <i>Poliestireno expandido</i>	30
3.3.1.2. <i>Aglomerado de cortiça expandida</i>	31
3.3.2. Inventário do ciclo de vida (ICV)	32
3.3.2.1. <i>Poliestireno expandido</i>	33
3.3.2.2. <i>Aglomerado de cortiça expandida</i>	37
3.3.3. Avaliação do impacte do ciclo de vida	41
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	45
4.1. ANÁLISE INDIVIDUAL DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS MATERIAIS	45
4.1.1. Contribuição dos vários processos para o impacte ambiental	45
4.1.2. Avaliação do impacte ambiental: Caracterização	49
4.1.2.1. <i>Resultados para o poliestireno expandido</i>	49
4.1.2.2. <i>Resultados para o aglomerado de cortiça expandida</i>	50
4.1.3. Avaliação do impacte ambiental: Normalização	51
4.1.3.1. <i>Resultados para o poliestireno expandido</i>	51
4.1.3.2. <i>Resultados para o aglomerado de cortiça expandida</i>	56
4.2. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS PARA OS DOIS MATERIAIS	59
4.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS E OS DISPONÍVEIS NA BIBLIOGRAFIA PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO	60
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
5.1. DESEMPENHO AMBIENTAL DOS MATERIAIS	62
5.2. COMPARAÇÃO DOS DESEMPENHOS AMBIENTAIS DOS MATERIAIS	64
5.3. AVALIAÇÃO AMBIENTAL PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO	65
5.4. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS	69
ANEXO 1 – CONTEÚDOS DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE DIFERENTES MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	72
ANEXO 2 – PARTE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO GREYPOR DA EMPRESA LAPE (ITALIANA)	77

ANEXO 3 - CÁLCULO DA UNIDADE FUNCIONAL PARA OS MATERIAIS DE ISOLAMENTO	81
ANEXO 4 – RESULTADOS DA ETAPA DE NORMALIZAÇÃO PARA O CICLO DE VIDA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO	82
ANEXO 5 - RESULTADOS DA ETAPA DE NORMALIZAÇÃO PARA O CICLO DE VIDA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO	83
ANEXO 6 – DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO ELABORADA PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO	84
ANEXO 7 – DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO ELABORADA PARA O AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Metodologia ACV seguida para elaboração de declarações e programas ambientais Tipo III	4
Figura 2.1: Organograma funcional da SOPSEC, S.A.	10
Figura 2.2: Poliestireno expandido moldado (placa de EPS)	12
Figura 2.3: Componentes do material de isolamento “weber-therm”	13
Figura 2.4: Processo de fabrico do poliestireno expandido moldado (EPS)	15
Figura 2.5: Diferença de volume entre um grânulo de poliestireno expansível (areão) e um grânulo de poliestireno expandido	16
Figura 2.6: Aglomerados de cortiça expandida	18
Figura 2.7: Revestimento exterior de fachada com placas de cortiça expandida	18
Figura 2.8: Esquema de fabrico do aglomerado de cortiça expandida	22
Figura 3.1: Esquema de um sistema de produto usado em estudos de ACV. Esquema retirado da NP EN ISO 14040:2008	25
Figura 3.2: Etapas de uma ACV, segundo a NP EN ISO 14040:2008	26
Figura 3.3: Fronteiras do sistema para o poliestireno expandido.	31
Figura 3.4: Fronteiras do sistema para o aglomerado de cortiça expandida.	32
Figura 3.5: Camião com uma capacidade aproximada de 80 m ³	36
Figura 3.6: Camião com uma capacidade aproximada de 60 m ³	40
Figura 4.1: Representação esquemática da contribuição dos vários processos para o impacte ambiental total associado ao poliestireno expandido para o sistema considerado na análise.	47
Figura 4.2: Representação esquemática da contribuição ambiental dos vários processos associados ao aglomerado de cortiça expandida para o sistema considerado na análise.	48
Figura 4.3: Resultados da etapa de Caracterização para cada categoria de impacte para o poliestireno expandido.	50
Figura 4.4: Resultados da etapa de Caracterização para cada categoria de impacte para o aglomerado de cortiça expandida.	51
Figura 4.5: Resultados da etapa de Normalização para cada categoria de impacte para o poliestireno expandido.	52
Figura 4.6: Resultados da etapa de Normalização para cada categoria de impacte para o aglomerado de cortiça expandida.	56
Figura 4.7: Valores obtidos para a análise comparativa dos dois materiais de isolamento (etapa de Normalização).	60
Anexos:	
Figura A.4.1: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia <i>CML 2 baseline 2000</i> , para a região geográfica Mundo em 1995.	82
Figura A.4.2: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia <i>CML 2 baseline 2000</i> para a região geográfica Europa Ocidental em 1995.	82
Figura A.5.1: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia <i>CML 2 baseline 2000</i> para a região geográfica Mundo em 1995, excluindo as emissões com efeito de longo prazo.	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1: Informação contida numa RCP baseada nos requisitos da NP EN ISO 14025: 2009	2
Tabela 1.2: Exemplo dos conteúdos de uma declaração ambiental do produto segundo os requisitos da NP EN ISO 14025: 2009	3
Tabela 2.1: Propriedades retiradas da ficha técnica do poliestireno expandido moldado	14
Tabela 2.2: Propriedades retiradas da ficha técnica do aglomerado de cortiça expandida (Amorim isolamentos, S.A.)	20
Tabela 3.1: Bases de dados disponíveis no SimaPro 7.2.4	27
Tabela 3.2: Informação associada aos dois materiais de isolamento.	29
Tabela 3.3: Informação usada para a avaliação ambiental dos dois produtos e, pressupostos/limitações dessa avaliação.	30
Tabela 3.4: Valores de inventário de ciclo de vida para os materiais de isolamento.	33
Tabela 3.5: Processos incluídos na base de dados “polystyrene foam slab, at plant/RER U”.	35
Tabela 3.6: Processos incluídos na base de dados “packaging film, LDPE, at plant/RER U”.	35
Tabela 3.7: Processos incluídos na base de dados “Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U”.	36
Tabela 3.8: Processos incluídos na base de dados “disposal, polystyrene, 0,2% water, to sanitary landfill/CH U”.	37
Tabela 3.9: Processos incluídos na base de dados “cork slab, at plant/RER U”.	39
Tabela 3.10: Processos incluídos na base de dados “Transport, lorry 7.5-16t, EURO5/RER U”.	40
Tabela 3.11: Categorias de impacto da metodologia CML 2 baseline 2000	42
Tabela 3.12: Factores de normalização do método CML 2001	44
Tabela 4.1: Principais metais que contribuem para a categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	52
Tabela 4.2: Principais processos que contribuem para a categoria ecotoxicidade aquática (marinha), associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	53
Tabela 4.3: Principais metais que contribuem para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à deposição do poliestireno em aterro (etapa de normalização).	53
Tabela 4.4: Principais recursos naturais que contribuem para a categoria depleção abiótica associado à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	54
Tabela 4.5: Principais processos que contribuem para a categoria depleção abiótica associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	54
Tabela 4.6: Principais gases que contribuem para o impacto na categoria aquecimento global (GWP 100) associado à fase de produção do poliestireno	55

expandido (etapa de Normalização).

Tabela 4.7: Principais processos para o impacto na categoria aquecimento global (GWP 100) associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	55
Tabela 4.8: Principais gases que contribuem para a categoria oxidação fotoquímica associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	55
Tabela 4.9: Principais processos para o impacto na categoria oxidação fotoquímica associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).	56
Tabela 4.10: Principais metais que contribuem para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à fase de produção da cortiça expandida (etapa de Normalização).	57
Tabela 4.11: Principais processos para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associado à fase de produção da cortiça expandida (etapa de Normalização).	57
Tabela 4.12: Principais substâncias que contribuem para o impacto na categoria depleção abiótica associado à produção de aglomerado de cortiça expandida (etapa de Normalização).	58
Tabela 4.13: Principais processos que contribuem para o impacto na categoria depleção abiótica associado à fase de produção de aglomerado de cortiça expandida (etapa de Normalização).	58
Tabela 4.14: Resultados da análise comparativa dos ciclos de vida dos dois materiais de isolamento (etapa de Caracterização).	59
Tabela 4.15: Resultados da etapa de caracterização da declaração ambiental de produto para o poliestireno expandido elaborada neste estudo e, da declaração ambiental de produto disponível na bibliografia para o mesmo material.	61
Anexos:	
Tabela A.1: Compilação de informação disponível nas declarações ambientais de produtos de materiais utilizados na construção civil.	72

ABREVIATURAS

EPD – Environmental Product Declaration

RCP – Regra de Categoria de Produto

ONG – Organização não-governamental

NP – Norma Portuguesa

ISO – International Organization for Standardization

ACV – Avaliação do ciclo de vida

ICV – Inventário do ciclo de vida

AICV – Avaliação de impacte do ciclo de vida

I.B.U - Institut Bauen und Umwelt

S.B. - Syntef Byggforsk

O.I. - Østfold Institut

C.S.M. - Cotto San Michele

FU – Functional Unit

DU – Declared Unit

tkm – Tonelada-quilómetro

PVC – Policloreto de Vinilo

EPS – Expanded Polystyrene

ICB – Insulation cork board

LDPE – Low-density polyethylene

CML – Institute of Environmental Science, Faculty of Science, Leiden University

GWP – Global Warming Potential

ODP – Ozone Depletion Potential

CFC – Clorofluorcarboneto

DB - Diclorobenzeno

1. INTRODUÇÃO

Actualmente a ecoeficiência dos materiais utilizados na indústria de construção, assume um papel primordial, visando a satisfação do cliente e as necessidades do mercado. Alguns exemplos de materiais designados como ecoeficientes, são aqueles aos quais, por exemplo, estão associadas emissões de baixos níveis de poluição, são duráveis, podem ser reaproveitados, recicláveis ou obtidos a partir de fontes renováveis, não tóxicos e que não contaminam o ar no interior das habitações ^[1, 2].

1.1. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE MATERIAIS USADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As declarações ambientais de produto, que em inglês se denominam *Environmental Product Declaration* (EPD), são documentos que definem um procedimento para a avaliação da ecoeficiência de produtos, através da avaliação dos impactes no ambiente.

Estas declarações são utilizadas para várias funções como, por exemplo, a comunicação do desempenho ambiental de um produto (usada aqui no âmbito do marketing ambiental), bem como o reforço da sua imagem de marca e a comparação de desempenhos entre produtos da mesma categoria. As declarações ambientais de produto são normalmente utilizadas na comunicação ambiental efectuada entre empresas, mas também na comunicação com o consumidor dos produtos. O seu processo de desenvolvimento, pretende integrar de uma forma participativa todas as partes interessadas, tais como fornecedores de materiais, fabricantes, associações comerciais, compradores, utilizadores, consumidores, organizações não-governamentais (ONG), agências públicas e organismos de certificação ^[3].

A declaração ambiental de produto é elaborada de acordo com as Regras de Categorias de Produtos (RCP) que são específicas para os produtos que se pretendem analisar. As RCP incluem informação sobre produtos com a mesma função, devido à semelhança do seu *design*, componentes e composição. Estas regras documentam o objectivo e o âmbito da informação a incluir numa declaração de produto, determinam as fases do ciclo de vida a serem incluídas, os conteúdos a serem abrangidos e a forma como devem ser compilados e apresentados. Este facto permite comparar declarações de produtos diferentes pertencentes a uma mesma categoria, uma vez que são usados os mesmos princípios na sua elaboração.

A RCP utilizada quando se pretende criar uma declaração ambiental de produto para um determinado tipo de material, deve apresentar os conteúdos referidos na Tabela 1.1. Estes estão em conformidade com os requisitos da NP EN ISO 14025:2009 ^[3].

A norma NP EN ISO 14025:2009, referida anteriormente, tem como objectivo estabelecer os princípios e identificar os procedimentos para o desenvolvimento de declarações ambientais tipo III ^[3]. Esta norma refere especificamente que a norma ISO 14040:2008 é utilizada para a realização da avaliação do ciclo de vida (ACV) no desenvolvimento destes programas. A Norma estabelece e regula os princípios para a utilização de informação ambiental e, assegura que esta informação ambiental é verificada de forma independente, quer a nível interno quer externo.

Tabela 1.1: Informação contida numa RCP baseada nos requisitos da NP EN ISO 14025: 2009 ^[3].

- 1) Definição e descrição da categoria do produto (ex: função, desempenho técnico e utilização).
- 2) Definição do Objectivo e do Âmbito da Avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto, em conformidade com a ISO 14040, 2008 (inclui: unidade funcional, fronteira do sistema, descrição dos dados, critérios para a inclusão de entradas e saídas, requisitos de qualidade dos dados incluindo cobertura, precisão, integralidade, representatividade, coerência, reprodutibilidade, fontes e incerteza e, por ultimo, unidades).
- 3) Inventário (inclui: recolha de dados, procedimentos de cálculo e alocação de fluxos de materiais, energia e emissões).
- 4) Selecção de categorias de impacte e regras de cálculo (se aplicável).
- 5) Parâmetros pré determinados para apresentação de dados ACV (categorias de dados do inventário e indicadores de categorias de impacte).
- 6) Requisitos para a disponibilização de informação ambiental adicional (ex: especificações para identificação de perigos e análise de riscos).
- 7) Materiais e substâncias a serem declaradas (ex: informação acerca do conteúdo do produto, onde se inclui substâncias que possam ter um efeito nocivo na saúde humana e/ou ambiental).
- 8) Instruções para a produção de dados para a elaboração da declaração ambiental de produto (ACV, inventário de ciclo de vida (ICV), módulos de informação e informação ambiental adicional).
- 9) Instruções sobre o conteúdo e formato da declaração ambiental Tipo III.
- 10) Informação sobre as fases que não são consideradas, no caso de a declaração não ser baseada numa ACV que cubra todas as fases do ciclo de vida.
- 11) Período de validade do documento.

Em resumo, o documento designado por declaração ambiental do produto inclui três partes distintas ^[2, 3, 4, 5]. Uma primeira parte faz referência ao instituto que elabora a declaração e à empresa proprietária da declaração e do produto. A segunda parte foca a descrição do desempenho ambiental do produto, baseando-se na metodologia existente de avaliação do seu ciclo de vida, sendo aliás a principal ferramenta para a elaboração das declarações ambientais do tipo III. Por último, a terceira parte é reservada para os contactos da empresa e identificação do organismo certificador, do instituto responsável pela elaboração da declaração ambiental de produto e, ainda, identificação do período de validade da certificação, sendo este aproximadamente de 3 anos. A Tabela 1.2 lista os conteúdos que uma declaração ambiental Tipo III deve incluir em conformidade com os requisitos da Norma NP EN ISO 14025 ^[3].

Tabela 1.2: Exemplo dos conteúdos de uma declaração ambiental do produto segundo os requisitos da NP EN ISO 14025: 2009^[3].

<ol style="list-style-type: none">1) Identificação e descrição da organização que elabora a declaração;2) Descrição do produto;3) Identificação do produto (ex: número do modelo);4) Nome do programa, morada do operador e eventualmente o logótipo e o website;5) Identificação das RCP;6) Data em que é publicada e período de validade;7) Dados da ACV, inventário do ciclo de vida (ICV) ou módulos de informação;<ul style="list-style-type: none">• Definição do Âmbito e Objectivos:<ul style="list-style-type: none">- Função- Unidade funcional- Fluxos de referência- Fronteiras do sistema- Procedimentos de alocação- Requisitos da qualidade dos dados• Dados do inventário do ciclo de vida (ICV), de acordo com as RCP:<ul style="list-style-type: none">- Consumo de recursos, nomeadamente energia, água e recursos renováveis- Emissões e descargas para o ar, água e solo• Resultados de indicadores de avaliação de impacte do ciclo de vida, AICV (se necessária aplicação):<ul style="list-style-type: none">- Alterações climáticas- Deplecção da camada de ozono estratosférico- Acidificação do solo e fontes de água- Eutrofização- Formação de oxidantes fotoquímicos- Deplecção de recursos energéticos fósseis- Deplecção de recursos minerais• Dados relativos a quantidades e tipos de resíduos produzidos (resíduos perigosos e não perigosos).8) Informação ambiental adicional (aplicável ou não);9) Descrição de conteúdo que abrange os materiais e substâncias a serem declarados (ex: informação sobre o conteúdo do produto, especificação de substâncias e materiais que possam ter um efeito nocivo na saúde humana e no ambiente, na totalidade das fases do ciclo de vida);10) Identificação das fases não consideradas, se a ACV não as considerar a todas;11) Afirmação de que as declarações ambientais dos diferentes programas poderão não ser comparáveis;12) Informação dos locais onde poderá ser obtido o material explicativo.
--

Segundo a NP EN ISO 14025, a metodologia seguida para a elaboração de uma declaração ambiental de produto, descrita na Figura 1.1, pressupõe a realização das etapas metodológicas definidas para a avaliação do ciclo de vida do produto listadas na Norma NP EN ISO 14040: 2008. Durante a definição do objectivo e do âmbito são definidos, entre outros, a unidade funcional, os fluxos de referência e as fronteiras do sistema. Em seguida é elaborado o inventário do ciclo de vida. O inventário que inclui os consumos de recursos (incluindo as matérias-primas virgens, renováveis e recicladas), os consumos energéticos (fósseis e renováveis), os resíduos gerados (perigosos, não perigosos e para reciclagem), o uso de terreno, o uso de água e as emissões (para o ar, água e solo). Por fim é realizada a avaliação dos impactes ambientais. A identificação e avaliação das categorias de impacte ambiental associadas

às várias fases do ciclo de vida do produto, como, por exemplo, a acidificação, o aquecimento global, a eutrofização, a depleção da camada de ozono e a formação de nevoeiro fotoquímico. Por fim é realizada a interpretação dos resultados. A declaração ambiental do produto poderá ser realizada excluindo a etapa de avaliação dos impactes ambientais (Figura 1.1, opção B).

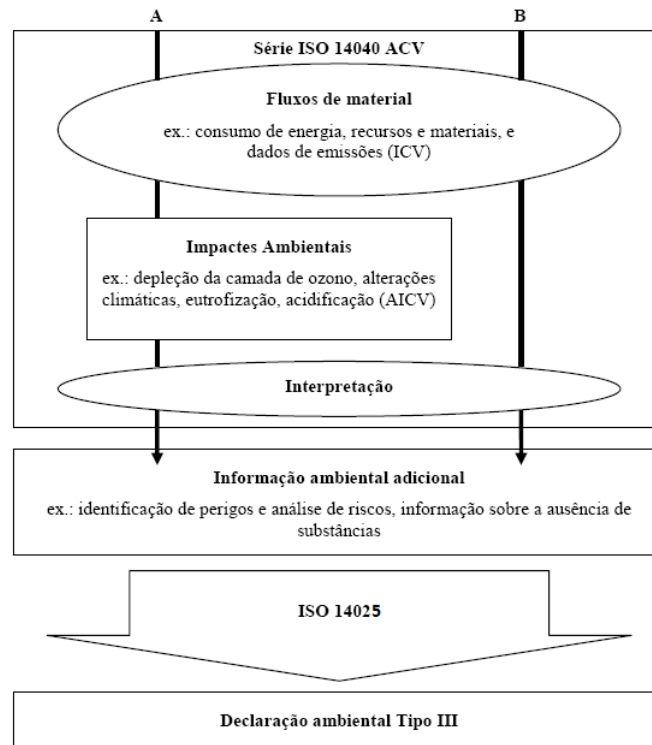


Figura 1.1: Metodologia ACV seguida para elaboração de declarações e programas ambientais Tipo III. A opção “A” inclui o estudo ACV, utilizando as etapas, definição do objectivo e do âmbito, inventário (ICV) Avaliação de impactes (AICV) e interpretação. A opção “B” exclui a avaliação dos impactes ambientais. Esquema retirado da NP EN ISO 14025:2009 ^[3]

Existem alguns estudos sobre aplicação de ACV a produtos usados na construção civil. Alguns deles incidem sobre a comparação de materiais de revestimento usado em pavimentos. Num estudo revisto foram avaliados o policloreto de vinilo (PVC) e a madeira de carvalho. Este estudo foca 11 categorias de impacte ambiental agrupadas em três categorias de dano, respectivamente a categoria “saúde humana”, a categoria “qualidade dos ecossistemas” e categoria “recursos”. O estudo conclui que a aplicação da madeira de carvalho traria vantagens sob o ponto de vista ambiental. Este material possui um impacte ambiental inferior quando comparado com o PVC. Para ambos os materiais a categoria de impacte com maior relevo seria o uso de combustíveis fósseis, visto que o processo unitário de extracção e refinação de petróleo possui a maior contribuição ^[6].

No trabalho aqui realizado vão ser analisados os desempenhos ambientais de dois materiais de construção usados para isolamento exterior de fachadas: o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida.

A pesquisa bibliográfica efectuada identificou um estudo conduzido pela organização Europeia de fabricantes de poliestireno expandido (EUMEPS (The European Manufacturers of Expanded Polystyrene)) que avalia o ciclo de vida do poliestireno expandido ^[7].

Nesse estudo foram identificadas as causas dos impactes ambientais associados à produção e uso do poliestireno expandido e quantificadas as eventuais reduções associadas à sua reciclagem. O estudo revisto engloba todos os processos desde a extracção de matérias-primas para a produção, até ao tratamento de fim de vida (berço ao túmulo). Como resultado do estudo verifica-se que os principais consumos energéticos ocorrem na etapa de produção do poliestireno expansível. O estudo revela ainda que os consumos de água ocorrem principalmente na etapa de expansão do poliestireno. Conclui-se também que a maioria das emissões gasosas ocorre na etapa de produção do poliestireno expansível, enquanto que a etapa de expansão do poliestireno contribui essencialmente para a formação de oxidantes fotoquímicos. Conclui-se ainda que a contribuição para a deplecção da camada de ozono é insignificante no ciclo de vida referido.

Com este estudo é possível concluir que alterações no design do produto conduzem à redução da sua massa, tendo como consequência a diminuição do impacte ambiental em cerca de 20 %, resultado de uma redução da quantidade de matérias-primas extraídas (redução na fonte). Verifica-se ainda que para uma taxa de reciclagem de poliestireno expandido de 35 %, a maioria dos impactes ambientais (resíduos totais, eutrofização da água, efeito de estufa, consumo de água e consumo energético) são reduzidos em 20 % e a formação de oxidantes fotoquímicos reduzida em 30 %.

Em relação à gestão de resíduos, a substituição total da opção de envio para aterro pela recuperação energética (incineração), permite uma melhoria no desempenho ambiental (para a maioria das categorias de impacte), obtendo-se reduções de 15 a 30 % no impacte ambiental.

Por fim, os resultados deste estudo permitem concluir que a reciclagem e a valorização energética constituem alternativas vantajosas à deposição em aterro deste material ^[7]. Na pesquisa bibliográfica efectuada não foi encontrado concretamente nenhum estudo de avaliação de ciclo de vida para o aglomerado de cortiça expandida.

Contudo, existe um estudo elaborado pelo grupo Amorim, em 2010, para avaliar os produtos de cortiça desta empresa, utilizados na construção civil ^[8]. Este estudo pretende analisar os consumos de recursos (energéticos e materiais) associados à produção dos materiais de cortiça, bem como as emissões de CO₂ associadas.

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- Nos últimos três anos (2008, 2009 e 2010) a redução de consumos (matérias-primas e energia) e, conseqüente redução das emissões de CO₂, é de cerca de 22,4 %.
- A utilização de biomassa satisfaz 60 % das necessidades energéticas da corticeira Amorim. A empresa tem vindo a reforçar a utilização desta fonte de energia, que se pretende que seja neutra em emissões de CO₂.
- No caso da Amorim Isolamentos, S.A., o uso de biomassa satisfaz mais de 90 % das suas necessidades energéticas.
- Relativamente aos materiais da Amorim Isolamentos, S.A., o seu processo de fabrico é 100 % natural e sem aditivos.
- Relativamente aos materiais de revestimento de pavimentos em cortiça, as emissões de CO₂ são inferiores às dos revestimentos em madeira e às dos revestimentos em acrílico.

Com este estudo conclui-se que é objectivo da corticeira Amorim adoptar as melhores práticas de gestão ambiental.

Ainda relativamente à empresa Amorim, um outro estudo ^[9] indica que para o ano de 2006, 46,2, 39,8, 12,2 e 1,8 % dos consumos energéticos da empresa, provêm respectivamente de biomassa, electricidade da rede, gás natural e gás propano. A tendência da empresa até ao ano de 2010 tem sido o aumento progressivo da utilização da biomassa como fonte energética.

Ainda neste estudo, relativamente ao transporte de produtos e mercadorias, salienta-se o favorecimento do transporte de mercadorias por via marítima, em detrimento da via rodoviária, com o intuito de reduzir as emissões de CO₂. Para o ano de 2006, 53,2 % dos transportes são feitos em navio e 46,8 % em camião.

É possível ainda verificar no mais recente relatório de sustentabilidade da Amorim ^[10], no ano de 2009, que para esse ano as principais emissões atmosféricas da empresa foram respectivamente: óxidos de azoto (50 %), partículas (35 %), compostos orgânicos voláteis (14 %) e óxidos de enxofre (1 %).

A empresa Amorim sustenta a ideia de que os materiais de cortiça são fabricados através de processos 100 % naturais e sem aditivos e, como tal, isentos de quaisquer tipos de emissões durante o seu tempo de vida expectável. A empresa empenha-se em afirmar os seus materiais como os mais vantajosos, junto de clientes que pretendem adoptar as melhores práticas em matéria de ecoeficiência de edifícios ^[8].

Foram pesquisadas algumas declarações ambientais do produto disponíveis para produtos usados na construção civil.

Existem declarações para diversos tipos de materiais, entre eles, os materiais de revestimento de pavimentos, telhados, isolamentos, revestimento de paredes e tectos, alvenaria, sanitários, gessos e argamassas. Estas declarações incluem informações que permitem caracterizar a qualidade ambiental associada ao produto que uma determinada empresa fabrica ^[11, 12, 13, 14, 15, 16]. A avaliação ambiental destes produtos é realizada considerando em geral as seguintes fases de ciclo de vida: extracção de matérias-primas, transformação, construção, uso e manutenção, substituições, demolição, reciclagem e eliminação (berço ao túmulo). Nos casos em que não é possível definir claramente a função do material (o mesmo produto pode ter mais do que um tipo de função), apenas se estudam as etapas de extracção, transformação e construção (berço ao portão) ^[17].

Apesar das linhas gerais serem as mesmas, as declarações ambientais de produto podem apresentar formas particulares de estruturação que são definidas pelo organismo emissor da declaração. A Tabela A.1 (Anexo 1) apresenta os conteúdos incluídos nas declarações ambientais de produto para materiais de construção, resultado da recolha de informação realizada. Os materiais analisados agrupam-se de acordo com a sua função. Foram analisadas doze funções incluindo, banheira/saneamento, revestimentos arquitectónicos, adesivos de dispersão (primers), materiais de isolamento, revestimento de pavimentos, telhados, madeiras, parede e revestimentos para tectos, metais para construção, laminados, alvenaria e gessos e argamassas.

Analisando os conteúdos incluídos nas declarações ambientais de produto conclui-se que alguns organismos dão um maior relevo ao desempenho ambiental, enquanto outros dão maior destaque às descrições das características técnicas do produto. Salienta-se que um dos organismos emissores de declaração (Instituto Bauen und Umwelt) dá a mesma relevância a estas duas componentes. Este organismo apresenta,

comparativamente, as declarações mais completas em termos dos conteúdos e tipo de informação incluída.

Em seguida é descrita a informação principal contida numa declaração ambiental de produto para o poliestireno expandido (Greypor – nome comercial) produzida pela empresa LAPE S.r.l. (uma empresa Italiana) ^[18].

No Anexo 2 é incluída a informação de desempenho ambiental da declaração ambiental.

A declaração ambiental de produto referida apresenta informações gerais associadas à apresentação da empresa e do produto (informação acerca do processo de fabrico do poliestireno expandido e da composição do produto).

Inclui informação adicional e referências como, por exemplo, as características técnicas do produto (espessura, densidade, condutividade térmica), a política ambiental da empresa, os requisitos específicos (Regra de categoria de produto, ISO 14040, ISO 14025), contactos, verificação, referências e glossário.

Numa outra secção da declaração é feita referência à avaliação do ciclo de vida, indicando:

I) As fronteiras do sistema (abordagem “berço ao portão”, onde são analisadas as fases de extracção de matérias-primas para produção do poliestireno expansível (areão), transporte até à indústria de expansão, fabrico do poliestireno expandido e entrega do material ao cliente),

II) O fluxo de referência em foco (1 quilo),

III) O tipo de recursos materiais (renováveis e não renováveis) usados,

IV) O consumo de recursos energéticos (renováveis e não renováveis) e,

V) A produção de resíduos (perigosos e não perigosos).

Por fim são identificadas as categorias de impacte ambiental para as quais o EPS contribui e os valores dessas contribuições. Estas incluem o potencial de aquecimento global (5,7 kg CO₂), acidificação (0,94 mol H⁺), eutrofização (117 g O₂), potencial de deplecção de ozono (0 g CFC 11) e potencial de criação de ozono fotoquímico (22 g C₂H₄).

Na pesquisa bibliográfica realizada não foi encontrada uma declaração ambiental de produto para o aglomerado de cortiça expandida.

1.2. OBJECTIVO

Neste trabalho são avaliados ambientalmente dois materiais de construção civil usados para isolamento exterior de fachadas, mais especificamente o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida. Ambos são usados em obras realizadas pela empresa SOPSEC- Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A.

O poliestireno expandido usado no isolamento térmico de fachadas é fornecido pela Weber SAINT-GOBAIN, Portugal e a cortiça usada no isolamento térmico/acústico/antivibrático é fornecida pela Amorim Isolamentos, S.A.

A avaliação ambiental possibilita a elaboração das declarações ambientais de produtos, segundo os requisitos definidos na norma NP EN ISO 14025:2009 e na Regra de Categoria de Produto para materiais de isolamento publicadas pelo instituto Syntef Byggforsk. As declarações ambientais são elaboradas com base na metodologia de

Avaliação do Ciclo de Vida normalizada pela NP EN ISO 14040:2008. A avaliação ambiental é efectuada recorrendo a um software usado em estudos de Avaliação de Ciclo de Vida (SimaPro 7.2).

A avaliação ambiental realizada tem em consideração as fases de extracção e produção das matérias-primas e auxiliares, a produção dos materiais de isolamento, a embalagem, o transporte dos materiais de isolamento até ao local de obra e os seus tratamentos de fim de vida.

Objectiva-se a avaliação dos desempenhos ambientais dos dois materiais e a comparação com resultados recolhidos na bibliografia consultada, incluindo considerações retiradas da comparação ambiental entre os dois materiais.

1.3. ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No capítulo 1 é descrito o modo como é avaliada a ecoeficiência de materiais utilizados na construção civil. Essa avaliação é feita essencialmente recorrendo a princípios de ACV usados em declarações ambientais de produto. As declarações são elaboradas respeitando e tendo em consideração as normas NP EN ISO 14025:2009, NP EN ISO 14040:2008 e a Regra de Categoria do Produto pertencente à categoria de material respectiva. Neste capítulo são ainda definidos os objectivos deste trabalho e a estrutura.

O capítulo 2 inicia-se com a apresentação da empresa SOPSEC. Em seguida é feita a descrição dos dois materiais de isolamento de fachada que serão objecto deste estudo, nomeadamente, o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida.

São apresentadas as características gerais dos materiais, as suas composições, as suas vantagens, as suas propriedades (como por exemplo, as dimensões, massa volúmica, condutividade térmica, resistência à compressão), os seus processos de fabrico e os seus tratamentos de fim de vida.

No capítulo 3 é feita uma apresentação teórica da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida e das características mais importantes do software SimaPro (versão 7.2.4.) usado na avaliação ambiental dos dois materiais de isolamento. Em seguida, são identificados, para os dois materiais, os passos realizados em cada uma das etapas da Avaliação do Ciclo de Vida, nomeadamente, a definição do objectivo e do âmbito, o inventário de ciclo de vida, a avaliação de impacte do ciclo de vida e a interpretação.

O capítulo 4 apresenta os resultados do estudo ACV para os dois materiais (o poliestireno e a cortiça expandida), associados à avaliação do impacte ambiental.

Em primeiro lugar são apresentados os resultados dos desempenhos ambientais, individualmente, para cada material.

Em seguida são apresentados os resultados para as etapas de Caracterização e de Normalização.

Depois são apresentados os resultados da comparação dos desempenhos ambientais para os dois materiais de isolamento.

Por último são apresentados os resultados obtidos para o poliestireno expandido através da comparação dos resultados obtidos neste trabalho com os disponíveis na pesquisa bibliográfica realizada.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais e são feitas algumas recomendações para estudos futuros que possam de alguma maneira ter objectivos semelhantes aos apresentados neste trabalho.

As conclusões integram o desempenho ambiental individual de cada material de isolamento (o poliestireno e a cortiça expandida), bem como a análise comparativa dos desempenhos ambientais dos dois materiais de isolamento.

Em seguida são tiradas conclusões relativas aos diferentes valores absolutos de contribuição das categorias de impacte calculadas durante o trabalho e as disponíveis na bibliografia, relativamente ao poliestireno expandido.

São listadas algumas limitações do trabalho realizado e, por último, são feitas algumas recomendações para estudos futuros a realizar sob a temática abordada neste trabalho.

2. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DOS MATERIAIS USADOS NESTE ESTUDO

2.1. DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A SOPSEC, Sociedade de Prestação de Serviços de Engenharia Civil, S.A., é uma sociedade anónima, com sede na Rua do Emissor, 110 Canidelo, Vila Nova de Gaia. A empresa foi fundada a 25 de Março de 1988 por José Amorim Faria, Hipólito de Sousa e Rui Calejo que constituem actualmente o Conselho de Administração. A sociedade tem por objectivo a prestação de serviços no domínio da consultoria, elaboração de projectos e gestão de obras, de forma exclusiva e independente, directa ou indirectamente. A SOPSEC, S.A. está certificada de acordo com a norma NP EN ISO 9001:2000 – Sistemas de Gestão da Qualidade, desde 22 de Outubro de 2002. A Estrutura da SOPSEC, S.A. compreende cinco Direcções de Produção, como se demonstra no Organograma Geral da empresa (Figura 2.1).

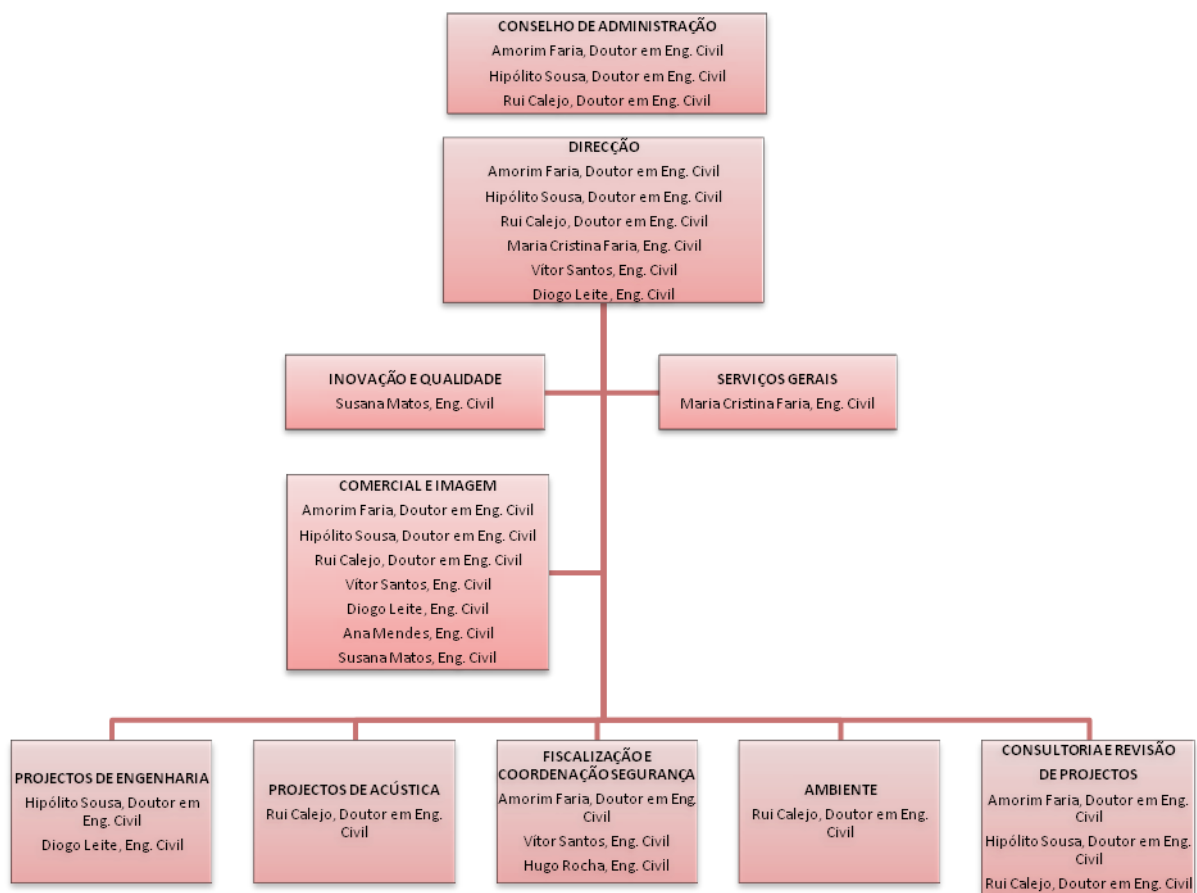


Figura 2.1: Organograma funcional da SOPSEC, S.A. ^[19]

A SOPSEC, S.A. desenvolve projectos de engenharia e de acústica, fiscalização e coordenação de segurança de obra, consultadoria e revisões de projecto e tem ainda várias valências na área Ambiental. O sector Ambiente integra um conjunto de valências existentes na empresa, geridas no domínio da prestação de serviços

ambientais, marcadamente relacionados com estudos de edifícios. Dispõe de competências de intervenção, entre outros, nas áreas de Sistemas Biológicos, Património, Ordenamento do Território, Qualidade do Ar, Tráfego, Ruído, Geologia e Geotecnia. Particularmente vocacionada para a gestão de equipas de Estudos Ambientais, integra ainda parcerias com outros centros especializados na área ambiental que complementam o conhecimento multidisciplinar desta actividade na SOPSEC.

A empresa realiza ainda estudos de impacte ambiental e avaliação ambiental estratégica, elabora projectos de gestão e remoção de resíduos e de gestão ambiental de obras e realiza estudos de ruído, dispondo de capacidades laboratoriais e de equipamentos para monitorizar o ruído.

No seu enquadramento actual, a SOPSEC, S.A. tem grandes preocupações com a sustentabilidade e com a redução do impacte ambiental das suas obras. Destaca como vectores de sustentabilidade nos seus projectos: o desempenho térmico das envolventes dos edifícios (engenharia de fachadas), a reutilização de águas residuais (hidráulica), as energias renováveis, a gestão de resíduos e a certificação energética de edifícios ^[19]. Os materiais em seguida caracterizados são correntemente referenciados nos projectos de engenharia desta empresa.

Os dois materiais em análise neste trabalho são o poliestireno expandido moldado (placas de EPS – weber SAINT-GOBAIN, Portugal) e a cortiça natural ecológica (Amorim Isolamentos, S.A.).

Em relação a estes dois materiais de construção, com funções de revestimento e isolamento exterior de fachadas de edifícios, realça-se que o poliestireno expandido é frequentemente utilizado nos projectos da empresa, enquanto que a cortiça não é tão usada.

2.2. DESCRIÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais de análise neste trabalho são usados para isolamento e revestimento exterior de fachadas de edifícios. Estes materiais quando aplicados em edifícios, devem cumprir com vários critérios de qualidade, entre os quais se destaca a resistência às intempéries e aos factores climatéricos, a durabilidade, a impermeabilidade à água, a permeabilidade ao vapor, a resistência ao fogo e o aspecto visual.

Segundo dados bibliográficos recolhidos, o consumo de energia em edifícios (de habitação e de serviços) representa cerca do 22 % do consumo global de energia em Portugal. Este valor tem vindo a aumentar cerca de 4 % ao ano ^[20].

Esta tendência pode ser invertida, se para além de um uso racional dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento, forem aplicadas as técnicas e os materiais de construção (isolamento) adequados. Como exemplos desses materiais, referenciam-se o poliuretano, o poliestireno expandido, poliestireno extrudido, a cortiça, entre outros ^[20].

Segundo alguns estudos é possível evidenciar uma redução de cerca de 25 % na factura energética dos edifícios, através do uso racional dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento e a utilização de materiais de isolamento ^[20].

Os mesmos estudos realçam que cerca de 60 % da energia utilizada no interior de edifícios para aquecimento, se perde através de espaços como, por exemplo, paredes, tecto e soalho, que podem ser isolados ^[20].

Em seguida são descritas as características dos dois materiais em análise neste estudo.

2.2.1. Poliestireno expandido moldado (placas)

O poliestireno expandido é um material rígido e celular, moldado e constituído por aglomerados de grânulos, que se pode apresentar nas mais variadas formas. O poliestireno expandido para além de ser um excelente isolante térmico, pode também ser utilizado como material para construção. As placas deste material são utilizadas na construção civil, por exemplo, para isolamento de paredes, pelo interior, pelo exterior (Figura 2.2) ou em parede dupla.



Figura 2.2: Poliestireno expandido moldado (placa de EPS) ^[21]

O revestimento exterior de fachadas de edifícios com poliestireno expandido, é feito com placas deste material, coladas ou preferencialmente pregadas e, revestidas com rebocos sintéticos, armados com rede em fibra de vidro ^[22]. Os rebocos sintéticos são constituídos por argamassas de revestimento e revestimentos decorativos cerâmicos ^[21].

Este tipo de revestimento exterior com poliestireno expandido encontra-se implementado no nosso mercado e tem como característica a eliminação de qualquer ponte térmica (local onde possa ocorrer trocas de calor (entrada ou saída de calor)) ^[22].

Este sistema é utilizado em novas construções, revestindo alvenarias em tijolo e evitando paredes duplas, ou em reabilitação de fachadas de edifícios.

O poliestireno expandido apresenta algumas vantagens que são listadas em seguida.

- Baixa condutibilidade térmica (possui uma estrutura de células fechadas, cheias de ar, que dificultam a passagem de calor, conferindo ao EPS um grande poder isolante)
- Leve (as suas densidades variam entre os 10 e os 30 kg/m³, reduzindo substancialmente o peso das construções)
- Elevada resistência mecânica
- Baixa absorção de água e insensibilidade à humidade (garantindo as suas características térmicas e mecânicas)

- Fácil manuseamento e colocação, quimicamente resistente (sendo compatível com a maior parte dos materiais usados na construção de edifícios, tais como cimento, gesso, cal, água e outros)
- Resistente ao envelhecimento (todas as suas propriedades mantêm-se inalteradas ao longo do seu tempo de vida, não apodrece, não ganha bolor, não liberta substâncias para o ambiente e não constitui substrato para o desenvolvimento de microrganismos)

A utilização do poliestireno expandido como elemento construtivo, em edifícios, permite melhorar o seu rendimento energético, melhorando, conseqüentemente, o seu comportamento face ao meio ambiente ^[22].

O poliestireno expandido é fornecido pela empresa Plastimar, S.A. à empresa weber Saint-Gobain, Portugal, que no local de obra adiciona a este material rebocos sintéticos e ainda rede em fibra de vidro, dando origem ao produto de isolamento “weber-therm”. A Figura 2.3 apresenta esquematicamente os componentes do produto de isolamento referido ^[21]. O poliestireno é um dos principais constituintes deste material de isolamento.

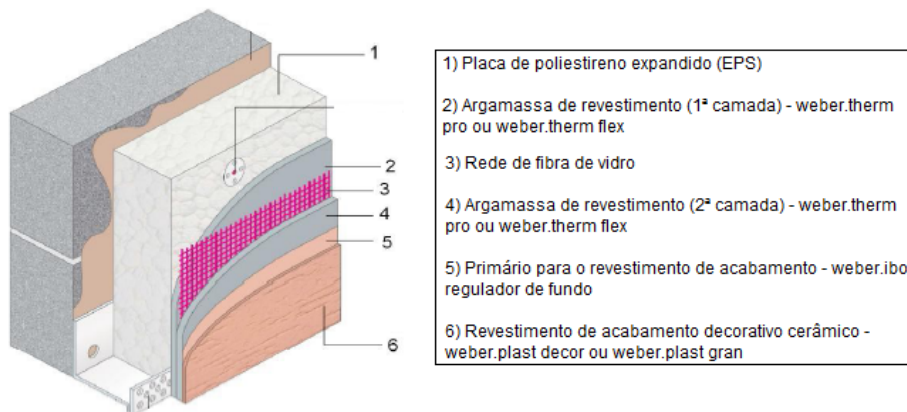


Figura 2.3: Componentes do material de isolamento “weber-therm” ^[21].

Propriedades do material

O poliestireno expandido existente no produto de isolamento “weber-therm”, apresenta as propriedades listadas na Tabela 2.1 ^[21].

Tabela 2.1: Propriedades retiradas da ficha técnica do poliestireno expandido moldado ^[21]. A negrito é indicado qual o objecto de estudo deste trabalho (placa com 40 mm de espessura) respeitando o imposto pela Regra de Categoria do Produto ^[23]

Tipologia das Placas de poliestireno expandido moldado	PROPRIEDADES	VALOR	UNIDADE	NORMA
Produto classificado de acordo com a norma EN 13163, disponível em placas planas de 1,0 x 0,5 m, sem encaixe, com espessuras de: <ul style="list-style-type: none"> • 30 mm • 40 mm • 50 mm • 60 mm 	Massa volúmica ($\pm 10\%$)	20	Kg/m ³	EN 12667
	Condutibilidade térmica	0,036	W/m°C	EN 826
	Resistência à compressão (deformação 10%)	100	kPa	EN 12087
	Absorção de água por imersão	<2	%	EN 12086
	Resistência á difusão do vapor de água	30-70	μ	EN 13501-1
	Classe de reacção ao fogo	E		
	Coefficiente de dilatação térmica linear	5-7x10 ⁻⁵	°C ⁻¹	

Processo de fabrico do poliestireno expandido

O processo de fabrico do poliestireno expandido tem início com a produção de etileno e benzeno, ambos a partir de um derivado do petróleo usado como matéria-prima da indústria petroquímica, a “nafta”. A Figura 2.4 esquematiza o processo de fabrico, descrito em seguida ^[24].

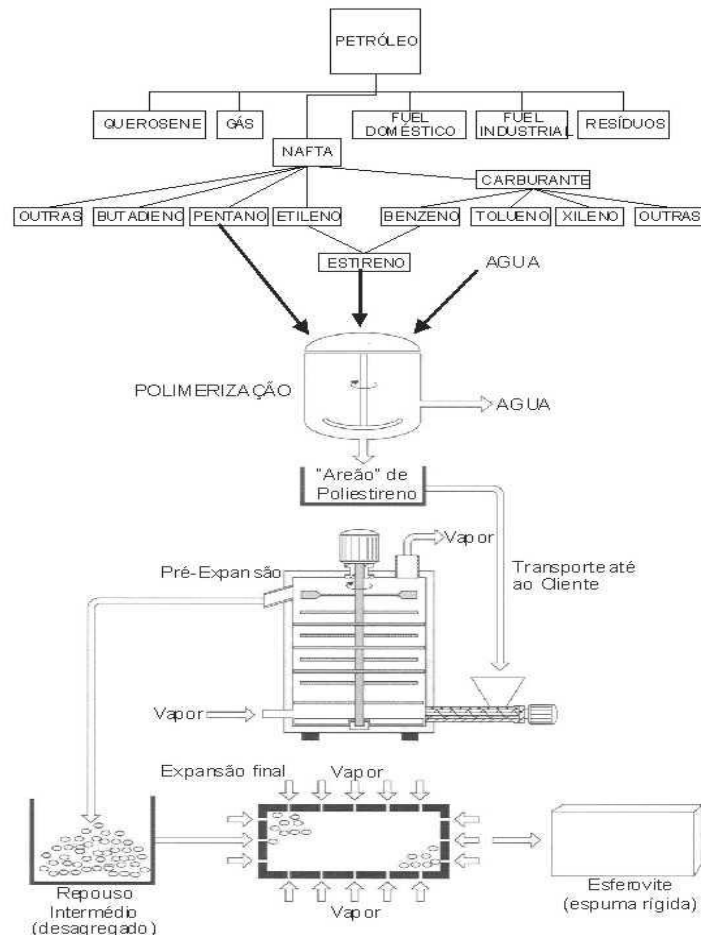


Figura 2.4: Processo de fabrico do poliestireno expandido moldado (EPS) [24]

O etileno obtém-se por craqueamento da nafta a uma temperatura de aproximadamente 700 °C [25] e o benzeno é obtido por um processo de conversão da nafta em hidrocarbonetos aromáticos, por aquecimento e na presença de catalisadores. Esta operação designa-se por reformação, e ocorre a uma temperatura de 425 a 530 °C e a uma pressão entre 7 e 35 bar. O benzeno é posteriormente separado dos restantes hidrocarbonetos aromáticos, através de um processo de destilação [26].

O etileno e o benzeno dão origem a um composto (etil-benzeno) que por desidrogenação dá origem ao estireno. A energia necessária para a reacção é fornecida por meio de vapor super aquecido (cerca de 720 °C), que é injectado num reactor de leito fixo, com etil-benzeno vaporizado. O catalisador à base de óxido de ferro contém óxido de crómio (Cr_2O_3) e um hidróxido de potássio (KOH) ou carbonato de potássio (K_2CO_3) que actuam como promotores da reacção. Para garantir as temperaturas suficientemente altas no reactor, são necessários 2,5 a 3 kg de vapor por cada quilo de etil-benzeno.

O vapor super-aquecido fornece a temperatura ideal para a reacção, sendo esta de 550 a 560 °C, em todo o reactor. Após a formação do estireno, este é arrefecido rapidamente para evitar a polimerização. É ainda adicionado um inibidor de polimerização, geralmente um fenol.

O estireno sofre ainda uma destilação a vácuo numa série de quatro colunas, para atingir a pureza necessária (99,8 %), necessária à polimerização [25].

O poliestireno expansível (PS) é produzido numa fase seguinte em que ocorre a polimerização do estireno, que se encontra inicialmente na fase gasosa. A este é adicionada água e um gás expensor, o pentano. O estireno gasoso transforma-se assim numa emulsão, a qual, por seu lado, se desagrega em grânulos de poliestireno de dimensões muito reduzidas (também designados de “areão”). Estes são lavados, enxugados, crivados e transportados até às indústrias transformadoras, para produção de poliestireno expandido moldado. Durante o processo de produção do poliestireno expansível, o pentano é decomposto em dióxido de carbono e água ^[24].

A produção de poliestireno expandido a partir de areão de poliestireno expansível, ocorre em três etapas, nomeadamente, a pré-expansão, a estabilização intercalar e a moldagem final.

Durante a primeira etapa, o vapor de água e o pentano (agente expensor), promovem o aumento do volume dos areões de poliestireno expansível em cerca de 40 a 50 vezes, dando origem a um granulado de poliestireno expandido (Figura 2.5).



Figura 2.5: Diferença de volume entre um grânulo de poliestireno expansível (areão) e, um grânulo de poliestireno expandido ^[22]

Na segunda etapa, o granulado de poliestireno expandido é estabilizado, em silos. Durante a estabilização, o granulado arrefece e cria uma depressão no interior das suas células. O espaço dentro das células é preenchido por ar circundante, eliminando integralmente o pentano existente no seu interior.

Na terceira etapa, os granulados pré-expandidos e estabilizados, são inseridos num molde e submetidos novamente a vapor de água. Os granulados sofrem nova expansão e fundem-se uns com os outros, dando origem a uma espuma rígida que adquire a forma do molde escolhido. Finalmente, a espuma rígida formada, após estabilização, é cortada em placas ^[22, 24, 27].

Tratamento de fim de vida do poliestireno expandido

Segundo alguns operadores de gestão de resíduos do Norte do País (Raplus, Solusel, Retria ^[28] e JMR ^[29]), os tratamentos de fim de vida efectuados nos resíduos de construção e demolição de poliestireno expandido, podem incluir a reciclagem mecânica (que passa pela trituração dos resíduos para posterior utilização) e a deposição em aterro.

Após reciclagem mecânica é possível utilizar o produto triturado resultante em várias situações, como por exemplo:

- Para aligeirar os terrenos. Nesta situação os resíduos de poliestireno expandido são triturados e misturados com terra, contribuindo para a drenagem e arejamento dos solos.

- Como material auxiliar de compostagem. Aqui os resíduos de poliestireno triturados contribuem para o arejamento facilitando a sua transformação em composto
- Para incorporação noutros materiais de construção. O poliestireno triturado com diferentes granulometrias é misturado com diversos materiais para produzir materiais de construção, tais como tijolos porosos, rebocos isolantes e betões aligeirados.
- Para sinterizar, fundir e transformar em grânulos. Poderá haver casos em que os resíduos de poliestireno são facilmente trabalhados, através da desgaseificação, fusão (ou sinterização) e granulação, obtendo-se poliestireno compacto, que pode voltar a ser utilizado como matéria-prima em variados produtos.

Por último, a colocação de poliestireno expandido em aterro (para resíduos industriais não perigosos) é a solução menos desejável. Contudo, se não for possível dar outro destino a estes resíduos, a deposição em aterro é realizada em segurança, pois que o poliestireno é biologicamente inerte, não tóxico e estável. Este material não se degrada, não liberta gás metano (não contribui para o efeito de estufa) nem provoca contaminação dos lençóis de água subterrânea^[27, 30]. A informação recolhida a partir dos operadores de resíduos de construção e demolição acima referidos permite concluir que 98 % dos resíduos de poliestireno expandido produzidos em Portugal são reciclados mecanicamente e os restantes 2 % (incluindo os resíduos contaminados) são depositados em aterro.

2.2.2. Aglomerado de cortiça expandida (placas)

A cortiça é um produto natural e renovável, extraído da camada suberosa do sobreiro (*Quercus Suber L*), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos.

O sobreiro é uma árvore única cujo habitat natural é a bacia ocidental do Mediterrâneo. O interior da cortiça é constituído por células de suberina, um ácido complexo, preenchidas com uma mistura gasosa semelhante à do ar. A cortiça apresenta uma composição química apresentada seguidamente^[31].

- 45% de suberina (principal constituinte das paredes das células da cortiça e responsável pela sua elasticidade)
- 27% de lenhina (composto isolante)
- 12% de polissacáridos (componentes das paredes das células que ajudam a definir a textura da cortiça)
- 6% de taninos (elementos polifenólicos responsáveis pela cor)
- 5% de ceróides (elementos hidrofóbicos que asseguram a impermeabilidade da cortiça).

Os aglomerados de cortiça expandida, são utilizados na construção civil, por exemplo em isolamentos térmicos, acústicos e antivibráticos, de paredes exteriores (fachadas - capoto), de telhados e sótãos, de paredes com caixa de ar no seu interior, entre outros (Figura 2.6).



Figura 2.6: Aglomerados de cortiça expandida.

O revestimento ou reabilitação exterior de fachadas de edifícios com aglomerado de cortiça expandida, é feito com placas deste material (Figura 2.7). As placas são coladas (com massa adesiva ou cola) ou preferencialmente pregadas, numa fachada que foi limpa e regularizada. As placas são colocadas com as juntas comprimidas.

Nas placas é aplicado um reboco fino/cola (1ª camada), é colocada uma armadura de fibra de vidro e é aplicado novo reboco fino/cola (2ª camada). Por fim é colocado ou não (opcional) um revestimento decorativo ^[32].



Figura 2.7: Revestimento exterior de fachada com placas de cortiça expandida ^[33].

O aglomerado de cortiça expandida apresenta algumas vantagens que são listadas seguidamente.

- Matéria-prima (cortiça natural) renovável
- Material natural e biodegradável
- Impermeável a líquidos e gases
- Leve (densidade aproximadamente de 0,2)
- Apresenta a mais baixa condutibilidade térmica entre os materiais resistentes ao fogo
- Resistente à penetração de humidade
- Elástico e compressível (readquire a forma inicial após sofrer uma pressão)
- Excelente isolante (térmico, acústico e vibrático)
- Resistente ao desgaste (resistência ao atrito devido ao seu elevado coeficiente de fricção)
- Não absorve poeiras (evita alergias)
- Quimicamente inerte

- Inócuo para a saúde
- Não liberta gases tóxicos quando em combustão
- Resistente à combustão (retardador da progressão de incêndios)
- Material não poluente
- Protector da floresta e promotor da florestação de áreas afectadas por risco de desertificação ^[31].

Propriedades do material

O aglomerado de cortiça expandida é produzido pela Amorim Isolamentos, S.A. e apresenta as propriedades enunciadas na Tabela 2.2 ^[34].

Tabela 2.2: Propriedades retiradas da ficha técnica do aglomerado de cortiça expandida (Amorim isolamentos, S.A.) ^[34]. A negrito é indicado qual o objecto de estudo deste trabalho (placa com 40 mm de espessura) respeitando o imposto pela Regra de Categoria do Produto ^[23]

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO	VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	NORMA	VALORES LIMITE/TOLERÂNCIAS	CLASSE
	ESPESSURA (mm)	$R_T (m^2 \cdot ^\circ C/W)$				
<ul style="list-style-type: none"> • Condutibilidade térmica de 0,036 a 0,040 W/m^{°C} • Isolamento natural e ecológico • Bom comportamento ao fogo/ não liberta gases tóxicos • Reciclável • Não atacado por roedores 	10	0,25	Comprimento	NP EN 822	1000 ± 5 mm	L2
	20	0,50	Largura	NP EN 822	500 ± 3 mm	W2
	30	0,75	Espessura	NP EN 823	(20 a 50 mm) ± 1 mm (55 a 160 mm) ± 2 mm	T1 T2
	40	1,00	Esquadria	NP EN 824	≤ 2 mm	...
	50	1,25	Planeza	NP EN 825	≤ 2 mm	...
	60	1,50	Massa volúmica aparente	NP EN 1602	≤ 130 kg/m ³	...
	70	1,75	Coeficiente de condutibilidade térmica	EN 12667	≤ 0,040 W/m.K (λ_D)	...
	80	2,00	Rigidez dinâmica (por 50 mm de espessura)	EN 29052-1	≤ 126 MN/m ³	SD126
	90	2,25	Resistência à flexão	NP EN 12089	≥ 130 kPa	...
	100	2,50	Resistência à compressão (10% deformação)	NP EN 826	≥ 90 kPa	CS(10)90
	110	2,75	Resistência à tracção perpendicular às faces	NP EN 1607	≥ 50 kPa	TR50
	120	3,00	Teor de água	EN 12105	≤ 8%	...
	130	3,25	Absorção de água	NP EN 1609	≤ 0,5 kg/m ²	WS
	140	3,50	Reacção ao fogo	EN ISO 11925-1	≤ 150 mm (h)	Euroclasse E
	150	3,75				

Processo de fabrico do aglomerado de cortiça expandida

O processo de fabrico do aglomerado de cortiça expandida tem início com a extracção da cortiça natural da camada suberosa do sobreiro.

Em seguida, a cortiça juntamente com a falca (cortiça virgem crua, que não é processada nas indústrias granuladoras/aglomeradoras), com o refugo, com o rebusco e outros, são empilhados, armazenados e colocados em lotes (loteamento) para promover a secagem e estabilização. Esta fase dura cerca de 9 meses^[35].

Segundo o que foi referido pela empresa Amorim Isolamentos S.A., no fabrico do aglomerado de cortiça expandida não é utilizada cortiça natural. É utilizada a falca, o rebusco e o refugo.

Na fase que se segue, a matéria-prima é triturada e limpa de impurezas (nomeadamente lenho e entrecasco, que são eliminados com o auxílio de separadores densimétricos vibratórios, crivos e, eventualmente, separadores pneumáticos ou mantas rotativas). O granulado obtido é ensilado e seco até se obter um teor de humidade ideal para a cozedura.

Na fase seguinte (cozedura), ocorre a aglomeração dos grânulos de cortiça. A aglomeração é efectuada num autoclave que funciona também como molde.

O granulado, inserido em autoclave, após o fecho deste, é ligeiramente comprimido. A cozedura é feita por insuflação de vapor de água sobreaquecido, a uma temperatura de 300 a 370 °C e a uma pressão de 40 kPa. Este vapor de água é produzido por caldeiras de vapor, alimentadas com os próprios resíduos de trituração e de acabamentos (pó de cortiça)^[35].

O vapor de água atravessa a massa de grânulos e produz a exsudação das resinas da cortiça para a superfície dos grânulos e o seu aumento de volume. Ocorre aqui a degradação termoquímica da parede celular da cortiça, com expansão dos grânulos. A suberina é o principal agente aglomerante. A cozedura demora entre 17 a 30 minutos, dependendo do teor inicial de humidade do granulado.

Após esta etapa, o aglomerado formado é transferido para um equipamento de arrefecimento (que injecta água a 100 °C) onde é efectuada a secagem e estabilização.

No fim, o aglomerado de cortiça expandida é cortado em placas de diferentes espessuras, seguindo-se o acerto de dimensões e esquadria. As placas podem ainda sofrer um processo de polimento das suas faces.

O processo de fabrico do aglomerado de cortiça expandida, na sua globalidade, utiliza 93 % de energia proveniente de biomassa (pó de cortiça) e 7 % de energia proveniente da rede eléctrica.

A Figura 2.8 esquematiza o processo descrito anteriormente, excluindo da fase de extracção da cortiça do sobreiro^[35, 36].

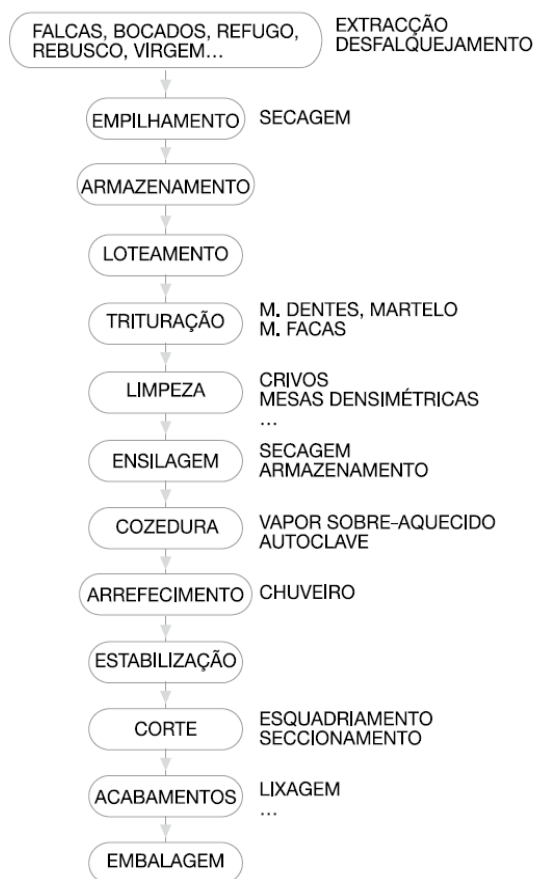


Figura 2.8: Esquema de fabrico do aglomerado de cortiça expandida ^[36].

Tratamento de fim de vida do aglomerado de cortiça expandida

Segundo alguns operadores de gestão de resíduos do norte do País, entre eles, a LNB CAR - CARMO BENTA ^[37], a IPODEC PORTUGAL (grupo EGEO) ^[38] e a GINTEGRAL II, os tratamentos de fim de vida para resíduos de construção e demolição de aglomerado de cortiça expandida podem incluir a reciclagem, a valorização energética e a deposição em aterro. Realça-se que as placas de cortiça expandida são maioritariamente recicladas/reutilizadas, sendo que a incineração para recuperação energética, e a deposição em aterro, são soluções concretizadas em menor escala.

No final do período de utilização dos aglomerados de cortiça expandida, que coincide com o fim de vida útil do próprio edifício (aproximadamente 60 anos), a sua recolha e reciclagem são viáveis.

A empresa Amorim faz recolha e reciclagem das placas existentes em edifícios a demolir.

A reciclagem consiste na trituração dos aglomerados obtendo-se um granulado de cortiça expandida, que é usado por exemplo como inerte, para o fabrico de betões e argamassas leves ^[36].

Em última circunstância, sendo a solução menos vantajosa, as placas contaminadas (com tintas, argamassas, colas, entre outras) são depositadas em aterro.

Segundo os operadores de resíduos de construção e demolição acima referidos estima-se que 86 % dos resíduos de aglomerado de cortiça expandida produzidos em

Portugal são reciclados/reutilizados, 9 % são valorizados energeticamente e 5 % (resíduos contaminados) são depositados em aterro.

3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA COM RECURSO AO SIMAPRO 7.2.4.

Neste capítulo é descrita, em linhas gerais, a metodologia associada à Avaliação do Ciclo de Vida e as características mais importantes do software SimaPro (versão 7.2.4.) usado na avaliação ambiental dos dois produtos (o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida).

Em seguida, são identificados os passos realizados relativos a cada uma das etapas metodológicas da Avaliação do Ciclo de Vida, nomeadamente a definição do objectivo e do âmbito, o inventário de ciclo de vida, a avaliação de impacto do ciclo de vida e a interpretação.

3.1. A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

A Avaliação do Ciclo de Vida (em inglês *Life Cycle Assessment*) é uma componente importante das declarações ambientais de produto (EPD) realizadas para os mais diversos materiais.

Os princípios e regras desta metodologia são definidos na norma NP EN ISO 14040:2008 ^[39].

A ACV é definida como a compilação das entradas e saídas de materiais e energia de um dado produto/serviço utilizados ou emitidos ao longo do seu ciclo de vida, para os quais são quantificados os impactes ambientais potenciais.

As fases do ciclo de vida de um produto incluem a extracção e obtenção de matérias-primas, a sua produção, o fabrico e uso do produto, o tratamento de fim de vida e por fim o seu destino final. Os materiais e energia considerados estão associados a cada uma das fases do produto e traduzem os fluxos de entrada, como por exemplo, as matérias-primas e energia e os fluxos de saída que incluem por exemplo, emissões atmosféricas, emissões para o meio hídrico e produção de resíduos.

A metodologia ACV assenta na construção de um modelo, no qual as fases do ciclo de vida são representadas por processos unitários, que estão interligados por fluxos de produtos, energia e materiais. Este conjunto de processos unitários toma a designação de “sistema do produto” (Figura 3.1). O sistema de produto relaciona-se com o ambiente, pois usa os seus recursos naturais e liberta emissões e resíduos para o mesmo (fluxos elementares de entrada e de saída).

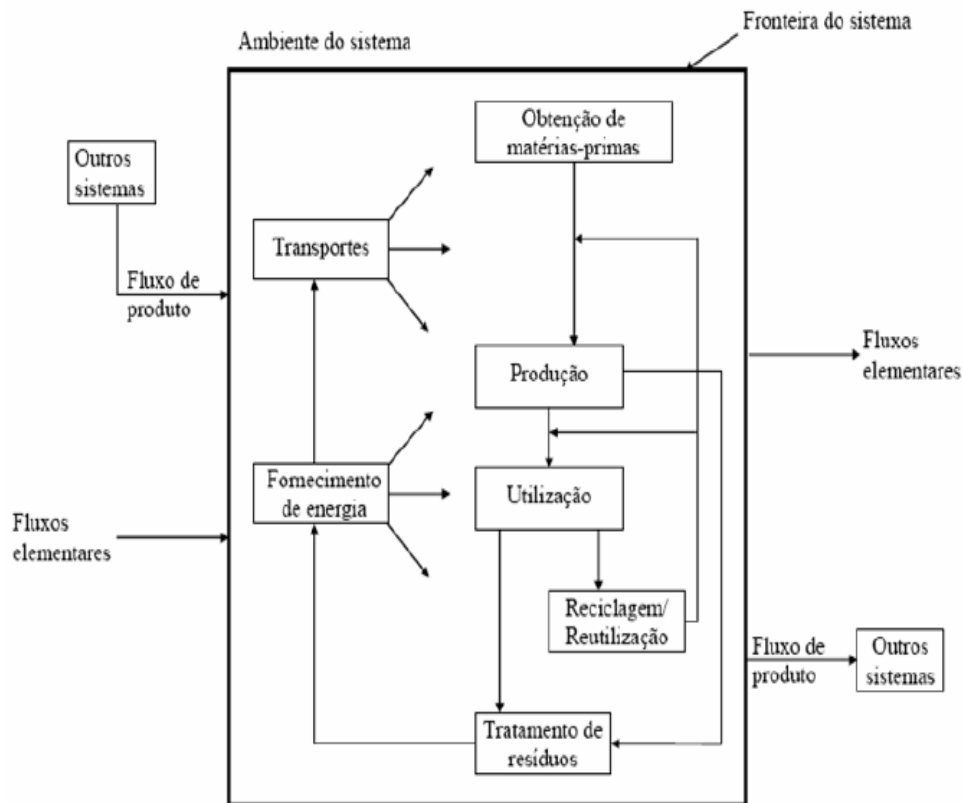


Figura 3.1: Esquema de um sistema de produto usado em estudos de ACV.
Esquema retirado da NP EN ISO 14040:2008 ^[39].

Existem algumas definições de relevante importância e presença obrigatória, numa ACV ^[39].

Entre elas:

Processo unitário: o menor elemento considerado no inventário do ciclo de vida para o qual os dados de entrada e saída são quantificados.

Unidade funcional: define o objecto de estudo e quantifica o desempenho de um sistema de produto para utilização como unidade de referência.

O objectivo desta unidade é fornecer uma referência que relacione as “entradas” e as “saídas”, por forma a assegurar a comparabilidade dos resultados da ACV, que é crítica quando se avaliam sistemas diferentes.

Fluxo de referência: medida das saídas de processos de um dado sistema de produto necessária para cumprir a função expressa pela unidade funcional. Reflecte a quantidade de produtos necessária ao cumprimento da função.

Fronteira do sistema: conjunto de critérios que especificam que processos unitários são parte de um sistema de produto.

Critérios de exclusão: especificação da quantidade de fluxo de material ou energia ou do nível de significância ambiental associado aos processos unitários ou sistema de produto a serem excluídos de um estudo.

Alocação: 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.

A ACV permite quantificar os impactes ambientais de um dado sistema de produto. A abordagem exclui a consideração de aspectos de índole económica e social. A norma NP EN ISO 14040:2008 ^[39] inclui quatro etapas, nomeadamente, a definição do objectivo e do âmbito, o inventário de ciclo de vida, a avaliação de impacte do ciclo de vida e a interpretação, tal como indicadas na Figura 3.2.

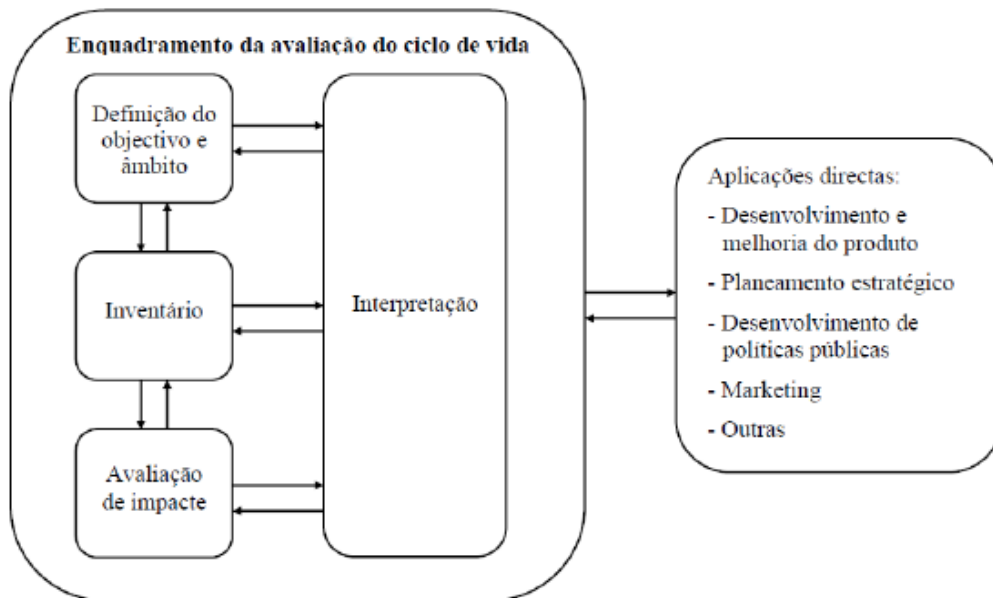


Figura 3.2: Etapas de uma ACV, segundo a NP EN ISO 14040:2008 ^[39].

Etapa I) Definição do objectivo e do âmbito: Nesta fase é definido o objectivo do estudo, o público-alvo a que se destina o estudo, os produtos e suas alternativas, a função do sistema de produto, a unidade funcional, o fluxo de referência, as fronteiras do sistema, as categorias de impacte seleccionadas e metodologia de avaliação de impacte, a estratégia de recolha de dados (requisitos dos dados: requisitos temporais, requisitos geográficos, tipo de tecnologia e limites do sistema) e os pressupostos/limitações (por exemplo: quais os critérios de alocação e de exclusão).

Etapa II) Inventário do ciclo de vida (ICV): Nesta fase são elaborados fluxogramas, que descrevem as entradas (matérias-primas, energia e materiais auxiliares) e saídas (produtos, co-produtos, emissões atmosféricas, emissões para a água e solo, resíduos sólidos e outras), de cada processo unitário, inserido no processo de fabrico do material. A informação recolhida é tipicamente relativa a todo o ciclo de vida do produto/serviço.

As limitações associadas aos dados devem ser identificadas sendo necessária a execução de cálculos, que incluem a validação dos dados recolhidos, a relação dos dados com os processos unitários e a relação dos dados com o fluxo de referência da unidade funcional.

Como resultado é obtido o inventário do sistema definido para cada processo unitário relativo à unidade funcional definida. A utilização do SimaPro, em algumas situações, reduz a necessidade de recolher informação abreviando esta etapa. Os resultados finais evidenciam as entradas e saídas de todos os processos unitários do sistema, bem como as quantidades totais consumidas/libertadas.

Etapa III) Avaliação do impacte de ciclo de vida (AICV): Aqui os resultados do ICV são utilizados para avaliar os impactes ambientais potenciais. Os dados do inventário são durante esta etapa associados a um número de categorias de impacte ambiental específicas e a indicadores de categoria, tornando os resultados mais compreensíveis e facilmente comunicáveis.

A AICV inclui a selecção de categorias de impacte, indicadores de categoria e modelos de caracterização; a imputação dos resultados do ICV (Classificação); o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (Caracterização); o cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria em relação à informação de referência (Normalização) e por fim a Ponderação. As duas últimas etapas da metodologia AICV referidas constituem passos opcionais.

Etapa IV) Interpretação do ciclo de vida: Nesta etapa de interpretação da ACV, é verificado se os resultados são consistentes com o objectivo e âmbito definidos inicialmente. É constado o facto de os resultados poderem ser assumidos como conclusões e recomendações para os decisores, estando em consonância com o objectivo e âmbito iniciais. Caso contrário o âmbito, assim como a natureza e qualidade dos dados recolhidos, podem ser revistos e até modificados, por forma a adequarem-se ao objectivo definido.

Pode-se então referir que esta etapa permite a descrição dos resultados da ACV de forma clara e coerente ^[39].

3.2. DESCRIÇÃO DO SOFTWARE SIMAPRO

Esta ferramenta, desenvolvida pela empresa Holandesa Pré-Consultants, e lançada no mercado em 1990, é usada por grandes empresas, consultorias e universidades, tendo utilizadores em mais de 60 países. Este software possibilita ao utilizador recolher, analisar e monitorizar o desempenho ambiental dos produtos, processos e serviços.

Esta ferramenta permite ainda modelizar e analisar ciclos de vida complexos, de forma sistemática e transparente, seguindo os critérios da norma ISO 14040:2008 ^[40]. É possível analisar todas as fases do ciclo de vida de um dado material, incluindo a extracção de matérias-primas, transformação, construção, uso e manutenção, substituições, demolição, reciclagem e eliminação (berço ao túmulo).

Uma das mais-valias da utilização de um software num estudo de Avaliação do Ciclo de Vida é a possibilidade de aceder a um vasto número de bases de dados que incluem informação quantitativa sobre materiais e energia associados a materiais e processos de produção. Estas bases de dados são listadas na Tabela 3.1 ^[40, 41].

Tabela 3.1: Bases de dados disponíveis no SimaPro 7.2.4

Ecoinvent v2
US LCI database
US Input Output database
Danish Input Output database
Dutch Input Output database
LCA food database
Industry data
Japanese Input Output database
IVAM database

Dentro das bases de dados incluídas, a designada por Ecoinvent v2 é a mais completa e possui informação relativa a vários sectores, como o energético, transportes, materiais de construção, químicos, agentes de lavagem, papel e cartão, agricultura e gestão de resíduos ^[41].

A avaliação de impactes ambientais pode ser conduzida através de vários métodos de avaliação resultando distintos indicadores de impacte. A estrutura básica dos métodos de avaliação de impacte em SimaPro inclui a caracterização, a avaliação de danos, a normalização e a ponderação.

As três últimas etapas não se verificam em todos os métodos. Por outro lado é possível activar ou desactivar estas três etapas, quando se utiliza um determinado método de avaliação de impacte ^[42].

O software dispõe ainda de métodos de avaliação de impacte usados preferencialmente para certas regiões, como, por exemplo, a Europa e a América do Norte. Relativamente aos métodos Europeus, são de referir: o “CML 2 baseline 2000” (versão de base do método CML 2001), o “CML 2001” (método que inclui todas as categorias de impacte), o “Eco-indicator 99”, o “Ecological Scarcity 2006”, o “EDIP 2003”, o “EPD (2008)”, o “EPS 2000”, o “IMPACT 2002+”, o “ReCiPe Endpoint” e o “ReCiPe Midpoint”.

Em seguida é descrita a metodologia usada na avaliação dos impactes ambientais associada aos dois materiais de isolamento em estudo, o poliestireno expandido e o aglomerado de cortiça expandida. A descrição inclui os passos conduzidos nas etapas da metodologia, nomeadamente na definição de objectivo e âmbito, inventário e avaliação de impactes.

3.3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS

3.3.1. Definição do objectivo e do âmbito

Este estudo avalia o desempenho ambiental do poliestireno expandido e do aglomerado de cortiça expandida identificando os principais problemas ambientais, de modo a possibilitar a elaboração de declarações ambientais de produto para cada um dos materiais usados no isolamento de fachadas.

O poliestireno expandido é usado para isolamento térmico e acústico, sendo aplicado no revestimento exterior de fachadas de edifícios. O aglomerado de cortiça expandida apresenta funções semelhantes no que respeita ao isolamento térmico, acústico e antivibrático, podendo ser do mesmo modo usado no revestimento exterior de fachadas de edifícios.

Para o estudo dos dois materiais de isolamento consideram-se as fases de extracção e transporte das matérias-primas até à indústria produtora dos materiais, produção do material de isolamento, embalagem, transporte até ao local de utilização e, por último, tratamentos de fim de vida do material.

Embora as fases que têm lugar após produção do material possam ter relevância para o impacte ambiental do produto, estas não são consideradas neste estudo, essencialmente por falta de informação disponível no decorrer do tempo de realização deste trabalho. São então excluídas nesta análise a instalação do material na obra, a manutenção do material e o desmantelamento da obra.

Para materiais utilizados na construção podem ou não ser consideradas todas as fases do ciclo de vida de um produto, dando origem a estudos com uma abordagem berço ao túmulo (sendo aqui incluídas as fases de extracção de matérias-primas, transformação, construção, uso e manutenção, substituições, demolição, reciclagem e eliminação) ou berço ao portão (que inclui extracção, transformação e construção) ^[17]. A unidade funcional definida na Regra de Categoria de Produto ^[23] para os dois materiais de isolamento em estudo é:

O revestimento de 1 m² de fachada com placa de isolamento ^[], com uma espessura que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1 e, com um tempo de vida expectável de 60 anos.*

^[*] Nota: Para revestir 1 m² de fachada são usadas duas placas com uma área lateral de 1 x 0,5 m (as placas são fornecidas ao cliente com as dimensões referidas), colocadas lado a lado.

A Tabela 3.2 sintetiza a informação usada na fase de definição do objectivo e âmbito da Avaliação de Ciclo de Vida dos dois materiais, incluindo o objectivo do estudo, a função dos materiais, a unidade funcional e as fronteiras do sistema.

Tabela 3.2: Informação associada aos dois materiais de isolamento.

DEFINIÇÃO DO OBJECTIVO E ÂMBITO		
Objectivo	Avaliar o desempenho ambiental do poliestireno expandido moldado e do aglomerado de cortiça expandida e, elaborar uma declaração ambiental de produto para cada um destes materiais.	
Função do material	Materiais de isolamento exterior de fachadas (térmico e acústico).	
Unidade funcional	O revestimento da 1 m ² de fachada com placa de isolamento ^[*] , com uma espessura que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1 e com um tempo de vida expectável de 60 anos. ^[*] <u>Nota:</u> Para revestir 1 m ² de fachada são usadas duas placas com dimensões de 1 x 0,5 m, colocadas lado a lado.	
Fronteiras do sistema	Poliestireno expandido	Aglomerado de cortiça expandida
	<ul style="list-style-type: none"> • Produção do areão de poliestireno expansível, por polimerização de uma suspensão de benzeno e etileno. • Transporte do areão até à indústria expansora • Produção de poliestireno expandido moldado (placas): <ul style="list-style-type: none"> - Pré-expansão; - Estabilização; - Moldagem. • Produção de filme de polietileno de baixa densidade usado na embalagem das placas de poliestireno expandido. • Transporte das placas de poliestireno expandido até ao distribuidor. • Transporte das placas desde o distribuidor até ao local de obra (Escola Secundária de Rio Tinto (Gondomar)). • Tratamentos de fim de vida dos resíduos de placas de poliestireno expandido: <ul style="list-style-type: none"> - Deposição em aterro 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracção da cortiça do sobreiro (transporte dos trabalhadores para a floresta, extracção manual e, transporte da cortiça para a beira da estrada). • Transporte da cortiça até à indústria aglomeradora. • Produção de aglomerado de cortiça expandida (placas): <ul style="list-style-type: none"> - Secagem (falca + rebusco + refugo); - Trituração; - Cozedura em auto clave; - Arrefecimento. • Produção de filme de polietileno de baixa densidade usado na embalagem das placas de cortiça expandida. • Transporte das placas desde a indústria produtora até ao local de obra (Escola Secundária de Rio Tinto (Gondomar)). • Tratamentos de fim de vida dos resíduos de cortiça expandida: <ul style="list-style-type: none"> - Valorização energética (incineração) - Deposição em aterro

A Tabela 3.3 inclui a informação usada no SimaPro para a avaliação ambiental dos dois produtos, bem como os pressupostos/limitações dessa avaliação.

Tabela 3.3: Informação usada para a avaliação ambiental dos dois produtos e, pressupostos/limitações dessa avaliação.

Software informático	SimaPro 7.2.4
Dados temporais	De 1993 a 2010
Dados geográficos	Europa Ocidental
Tecnologia	Tecnologia média e moderna; representatividade média de processos específicos
Pressupostos/limitações	<ul style="list-style-type: none"> • Dados de inventário recolhidos a partir de bases de dados existentes no SimaPro 7.2, que não contêm informações específicas das empresas. • Estudo ACV que não abrange as fases de “aplicação do material em obra”, “uso/manutenção” e “desmantelamento”, por falta de informação disponível. • Bases de dados seleccionadas consideradas como representativas da realidade do processo de fabrico dos dois materiais nas empresas (Plastimar, S.A. e Amorim Isolamentos, S.A.).

3.3.1.1. Poliestireno expandido

Este material é produzido na empresa Plastimar (localizada em Peniche), embalado, transportado até ao distribuidor Weber Saint-Gobain (com filial em Ourém). A partir de Ourém é distribuído aos clientes. A partir dos dados da ficha técnica (condutividade térmica (λ) e massa volúmica (ρ), ver secção 2.2.1 (propriedades do material) do capítulo 2 desta dissertação) foi calculada a unidade funcional a partir da fórmula que consta na Regra de Categoria de Produto (consultar o Anexo 3). Como resultado foi obtido um valor de espessura de placa.

Verifica-se que para $R=1$ e $\lambda= 0,036$ W/mK, a espessura da placa é de 36 mm. Pelo facto de não serem comercializadas pela empresa placas com esta espessura referida foi considerado um valor de 40 mm e o resultado calculado para a unidade funcional é de $0,04$ m³. Uma vez que as placas são fornecidas ao cliente com uma área lateral de $1 \times 0,5$ m, são necessárias duas placas com as dimensões $1 \times 0,5 \times 0,04$ m, para revestimento de 1 m² de fachada.

A Figura 3.3 delimita o sistema em estudo. As placas de poliestireno expandido são produzidas através de operações de pré-expansão, estabilização e moldagem.

Após produção são embaladas usando um filme de polietileno de baixa densidade e transportadas até ao distribuidor (weber Saint-Gobain, Portugal). A partir daqui são distribuídas ao cliente. O tratamento de fim de vida dos resíduos de placas de poliestireno expandido inclui a deposição em aterro.

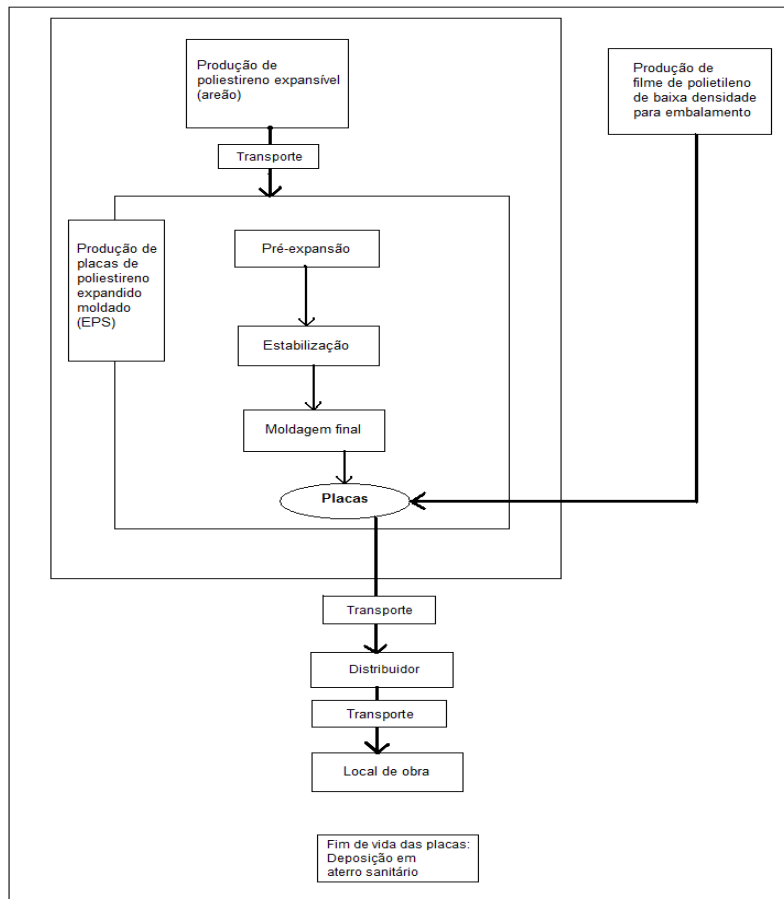


Figura 3.3: Fronteiras do sistema para o poliestireno expandido.

3.3.1.2. Aglomerado de cortiça expandida

O material é produzido na unidade industrial da Amorim Isolamentos (em Silves) a partir da qual é distribuída ao cliente. A partir dos dados da ficha técnica (condutividade térmica (λ) e massa volúmica (ρ), ver secção 2.2.2 (propriedades do material) do capítulo 2 desta dissertação), foi calculada a unidade funcional a partir da fórmula que consta na Regra de Categoria de Produto (ver anexo 3). Como resultado foi obtido um valor de espessura de placa de 40 mm. A unidade funcional calculada é de $0,04 \text{ m}^3$. Uma vez que as placas são fornecidas ao cliente com uma área lateral de $1 \times 0,5 \text{ m}$, são necessárias duas placas com as dimensões $1 \times 0,5 \times 0,04 \text{ m}$, para revestimento de 1 m^2 de fachada.

A Figura 3.4 delimita o sistema em estudo. A cortiça é extraída a partir do sobreiro (transporte dos trabalhadores para a floresta, extracção manual e, transporte da cortiça para a beira da estrada) e transportada até à indústria aglomeradora (Amorim Isolamentos (localizada em Silves)). A produção de aglomerado de cortiça expandida (placas) inclui operações de secagem (falca + rebusco + refugo), trituração, cozedura em auto clave e arrefecimento.

Após produção são embaladas usando um filme de polietileno de baixa densidade e transportadas ao cliente. Os tratamentos de fim de vida dos resíduos de cortiça expandida incluem a valorização energética (incineração) e deposição em aterro controlado.

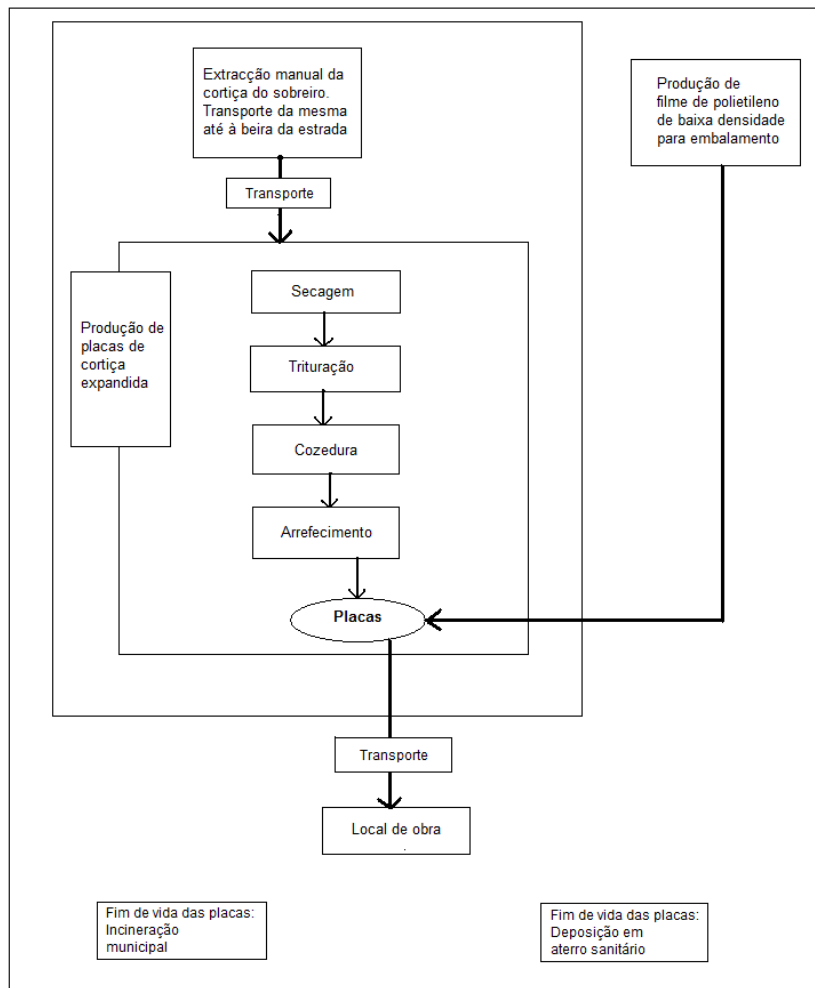


Figura 3.4: Fronteiras do sistema para o aglomerado de cortiça expandida.

3.3.2. Inventário do ciclo de vida (ICV)

Nesta etapa foi recolhida informação disponível em relação aos fluxos de referência de materiais e energia usados durante as fases do ciclo de vida. Esta informação recolhida a partir da bibliografia consultada e contactos efectuados com os fornecedores de materiais foi complementada, sempre que necessário, com informação disponível nas bases de dados existentes no SimaPro. As bases de dados usadas contêm informações relativas a “Materiais” (materiais de construção (isolamento) e plásticos (termoplásticos)), “Transporte” (transportes rodoviários (camião)) e “Tratamento de resíduos” (incineração (incineração municipal) e deposição em aterro (aterro sanitário)). Foi usada a base de dados do Ecoinvent v2. Estas bases de dados incluem informações relativas a quantidades de consumo de recursos (materiais, energia e materiais auxiliares), emissões atmosféricas, emissões para a água e para o solo e resíduos sólidos produzidos.

A Tabela 3.4 resume as quantidades (valores de referência) de materiais, distâncias percorridas, energia e emissões (gasosas e sólidas) associadas ao ciclo de vida dos dois materiais.

Tabela 3.4: Valores de inventário de ciclo de vida para os materiais de isolamento.

Dados usados no inventário	<i>Poliestireno expandido (quantidade expressa em função da unidade funcional = 0,04 m³)</i>	<i>Aglomerado de cortiça expandida (quantidade expressa em função da unidade funcional = 0,04 m³)</i>
	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de poliestireno expandido = 1,2 kg • Quantidade do filme de plástico para embalagem do poliestireno = 0,009 kg • 0,442 tkm (Transporte (em camião) do poliestireno expandido, desde a Plastimar (Peniche) até à Escola Secundária em Rio Tinto (Gondomar)) • 0,024 kg (Deposição do poliestireno expandido em aterro) 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de aglomerado de cortiça expandida = 4,8 kg • Quantidade do filme de plástico para embalagem da cortiça expandida = 0,014 kg • 2,56 tkm (Transporte (em camião) do aglomerado de cortiça expandida, desde a Amorim Isolamentos, S.A. (Silves) até à Escola Secundária em Rio Tinto (Gondomar)) • 0,0037 kg (emissão de CO₂, em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro) • 0,0015 kg (emissão de CH₄, em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro) • 0,24 kg (resíduos de cortiça que não sofrem decomposição em aterro) • 1,09 kg (emissão de CO₂, em zona residencial, resultante da incineração da cortiça) • 0,02 kg (cinzas de fundo depositadas em aterro)

Em seguida são descritos os pressupostos que estão na base dos valores de inventário para os dois materiais, no que respeita ao filme de polietileno, à distância associada aos transportes e às emissões libertadas durante as opções de fim de vida.

3.3.2.1. Poliestireno expandido

Com base na unidade funcional considerada (0,04 m³) e a massa volúmica do poliestireno expandido (30 kg/m³) calcula-se a massa de poliestireno expandido produzido que corresponde a **1,2 kg** ^[21, 23].

A embalagem do poliestireno expandido produzido na Plastimar é realizada utilizando um filme de polietileno de baixa densidade com uma espessura de 30 micrómetros e massa volúmica igual a 920 kg/m³. A embalagem faz-se para 26 placas sobrepostas, cada uma com as dimensões de 1 x 0,5 x 0,04 m, tal como são fornecidas ao cliente.

A área envolvente formada pelas 26 placas sobrepostas (com as dimensões referidas) é 4,12 m² (26 x 0,04 x 2 + 26 x 0,04 x 0,5 x 2 + 2 x 1 x 0,5).

Multiplicando a área pela espessura do filme, obtém-se um volume de 1,2x10⁻⁴ m³ de plástico, que apresenta uma massa de 0,114 kg ((1,2x10⁻⁴) x 920).

Dividindo a massa anterior por 26, obtém-se a massa de plástico para embalar uma placa (4,4x10⁻³ kg).

Como a unidade funcional refere 2 placas com as dimensões acima referidas, é necessária uma quantidade de **8,7x10⁻³ kg** de filme de plástico para as embalar.

Em relação ao transporte do poliestireno expandido, este é transportado desde a Plastimar (Peniche) até ao centro industrial do distribuidor weber Saint-Gobain

(localizado em Ourém) por camião. A distância percorrida é de aproximadamente 146 km.

Posteriormente, o material é transportado num camião com a mesma capacidade, de Ourém até à Escola Secundária de Rio Tinto (Gondomar), numa distância de aproximadamente 222 km. Assim, juntamente com a base de dados para o transporte em camião, é inserida um valor de referência de **0,442 tkm** ((1,2 kg/1000) x (146 + 222 km)).

Para se ter uma noção dos tipos de tratamento de fim de vida a que são sujeitos os resíduos de poliestireno expandido actualmente, em Portugal, contactaram-se vários operadores de gestão de resíduos do Norte do País.

Segundo estes operadores, 98 % dos resíduos de poliestireno expandido, em Portugal, sofrem reciclagem mecânica e 2 % desses resíduos (contaminados) vão para aterro.

Para modelizar os tratamentos de fim de vida deste material, face às bases de dados disponíveis em SimaPro (não existem bases de dados que permitam simular a reciclagem do poliestireno expandido), vai ser considerado que, no final da vida útil do edifício, 2 % da quantidade total da placa (1,2 kg) é depositada em aterro. O valor de poliestireno expandido que é depositado em aterro é, então, **0,024 kg**. Esta informação foi complementada com informação disponível nas bases de dados do Ecoinvent disponíveis no SimaPro 7.2. para o material de isolamento. A informação usada é relativa à produção do poliestireno, à embalagem, transporte e tratamentos de fim de vida.

O processo de fabrico do poliestireno expansível na Plastimar é semelhante ao descrito anteriormente no Capítulo 2. Considera-se (com base na informação disponibilizada pela Plastimar) que no processo de fabrico do poliestireno apenas é utilizado como matéria-prima o areão de poliestireno (poliestireno expansível), não sendo utilizado material reciclado.

Para modelizar a produção do poliestireno expandido, em SimaPro, é utilizada a base de dados “polystyrene foam slab, at plant/RER U”. Esta base de dados inclui a produção do areão de poliestireno expansível, o seu transporte até à indústria de expansão e o processo de termo-moldagem do poliestireno expandido. A Tabela 3.5 lista os processos da base de dados.

Tabela 3.5: Processos incluídos na base de dados “polystyrene foam slab, at plant/RER U”.

Polystyrene expandable, at plant/RER U	Foaming, expanding/RER U	Polystyrene foam slab, at plant/RER U
<p><u>Processos incluídos:</u> Dados agregados para todos os processos desde a extração da matéria-prima até à entrega ao produtor de Poliestireno expandido.</p> <p><u>Observação:</u> Os dados encontram-se nos Eco-Profiles da indústria de plásticos Europeia (Plastics Europe); Não se encontram valores para: resíduos recicláveis, metais não especificados, emissões para o ar e para a água, emissões não especificadas de cfc e hcfc e emissões de dioxinas para a água; A quantidade de enxofre é assumida como estando incluída no valor de óleo bruto.</p> <p><u>Dados geográficos:</u> 21 unidades de produção Europeia.</p> <p><u>Tecnologia:</u> Produção por polimerização de uma suspensão de benzeno e etileno.</p> <p><u>Dados temporais:</u> 2010</p> <p><u>Categoria local:</u> Plásticos</p> <p><u>Sub-categoria local:</u> Polímero (granulado)</p>	<p><u>Processos incluídos:</u> Este processo contém os gastos energéticos na conversão do plástico. O valor de plástico convertido não está incluído no conjunto dos dados.</p> <p><u>Observação:</u> 1 kg deste processo equivale a 1 kg de “polystyrene foam slab”.</p> <p><u>Dados geográficos:</u> Informações de um local de produção de materiais de isolamento na Suíça – dados médios Europeus.</p> <p><u>Tecnologia:</u> Produção de painéis de isolamento.</p> <p><u>Categoria local:</u> Plásticos</p> <p><u>Sub-categoria local:</u> Processamento</p> <p><u>Dados temporais:</u> 2006</p>	<p><u>Processos incluídos:</u> Inclui a produção e a termo-moldagem de EPS</p> <p><u>Observação:</u> O modelo combina um material (polystyrene expandable, at plant) e um processo (foaming, expanding). O “polystyrene foam slab” tem uma densidade de 30 kg/m³ e uma condutividade térmica de 0,036 W/mK.</p> <p><u>Tecnologia e dados geográficos:</u> Produção média Europeia de EPS; Termo-moldagem feita por duas fábricas na Suíça</p> <p><u>Dados temporais:</u> 2003</p> <p><u>Categoria local:</u> Isolamento térmico</p> <p><u>Sub-categoria local:</u> Produção</p>

Para modelizar a produção do filme de plástico para embalar o poliestireno expandido, em SimaPro, é utilizada a base de dados “packaging film, LDPE, at plant/RER U”. Esta base de dados inclui o transporte da matéria-prima de plástico desde o local de produção até ao local onde irá ser extrudida, bem como os aspectos associados ao processo de extrusão dela para produção de filme. A Tabela 3.6 lista os processos da base de dados.

Tabela 3.6: Processos incluídos na base de dados “packaging film, LDPE, at plant/RER U”.

Packaging film, LDPE, at plant/RER U
<p><u>Processos incluídos:</u> Contém a quantidade de plástico (matéria-prima virgem) e o transporte, desde o local de produção até ao local de conversão. Inclui ainda a base de dados para o processo de extrusão do plástico para produção de filme para embalagem (“Extrusion, plastic film/RER U”).</p> <p><u>Observação:</u> Exemplo de processo para a utilização dos diferentes módulos de conversão na base de dados.</p> <p><u>Tecnologia e dados geográficos:</u> Tecnologias actuais; Baseado na média do processo de extrusão Europeu.</p> <p><u>Dados temporais:</u> 2003</p> <p><u>Categoria local:</u> Plásticos</p> <p><u>Sub-categoria local:</u> Processamento</p>

Em relação ao transporte, o poliestireno expandido é transportado até ao distribuidor e deste até ao seu destino final, num camião de aproximadamente 80 m³ de capacidade. É possível observar na Figura 3.5 que ao veículo se encontra acoplado um reboque com três eixos.

Segundo o referido na legislação em vigor, um reboque deste tipo pode transportar uma carga máxima de 24 toneladas ^[44].

Load Capacity: 24 - 25t, 83 - 90 m³
 Load area dimensions: 13,60 m x 2,50 - 2,80 m



Figura 3.5: Camião com uma capacidade aproximada de 80 m³ ^[43].

Para modelizar o transporte do poliestireno expandido é utilizada uma base de dados que considera a operação “transporte” e o fabrico, manutenção e tratamento de fim de vida associados ao veículo propriamente dito e à construção da via rodoviária. Considera-se a base de dados “Transport, lorry 16-32 t, EURO5/RER U”, cujos processos são referidos na Tabela 3.7.

Tabela 3.7: Processos incluídos na base de dados “Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U”.

Transport, lorry 16-32 t, EURO5/RER U
<p><u>Processos incluídos:</u> Inclui a operação do veículo; inclui a produção, manutenção e eliminação do veículo; inclui a produção, manutenção e eliminação da estrada.</p>
<p><u>Observação:</u> O inventário da base de dados refere-se a todo o ciclo de vida de transporte. Para infra-estruturas rodoviárias, os gastos e as intervenções ambientais, devido à construção, renovação e eliminação das estradas foram atribuídas com base no desempenho de uma tonelada por quilómetro bruto. Os gastos devidos à operação do veículo na estrada, bem como o uso do terreno, foram atribuídos com base no desempenho anual do veículo em quilómetros.</p>
<p><u>Dados geográficos:</u> Os dados para a operação dos veículos e para as infraestruturas rodoviárias reflectem condições Suíças; Os dados para o fabrico e manutenção dos veículos são Europeus; Os dados para a eliminação dos veículos reflectem condições Suíças.</p>
<p><u>Tecnologia:</u> Motor a diesel</p>
<p><u>Dados temporais:</u> 2007</p>
<p><u>Categoria local:</u> Sistemas de transporte</p>
<p><u>Sub-categoria local:</u> Estrada</p>

Em relação ao tratamento de fim de vida do poliestireno expandido (deposição em aterro), é considerada a base de dados “disposal, polystyrene, 0,2 % water, to sanitary landfill/CH U”, que inclui os processos identificados na Tabela 3.8.

Tabela 3.8: Processos incluídos na base de dados “disposal, polystyrene, 0,2% water, to sanitary landfill/CH U”.

Disposal, polystyrene, 0,2 % water, to sanitary landfill/CH U
<p><u>Processos incluídos:</u> Emissões específicas (a curto prazo) para o ar, através de incineração de gás de aterro e lixiviados do aterro; Encargos de tratamento de lixiviados a curto prazo (0-100a) na planta de tratamento de esgotos (incluindo a eliminação das lamas da ETAR em incinerador municipal); Emissões (a longo prazo) dos aterros para as águas subterrâneas (após a falha de revestimento de base).</p>
<p><u>Observação:</u> Os resíduos inventariados contém 100 % de poliestireno.</p>
<p><u>Composição dos resíduos:</u> Poder calorífico superior 38,88 MJ / kg; Poder calorífico inferior 38,67 MJ / kg; H₂O 2000; O 38852; H 78046; C 868490; S 678,75; N 1942,6; P n.a.; B n.a.; Cl 1132,1; Br 882,12; F 14,25; I n.a.; Ag n.a.; As 1,8418; Ba 180,79; Cd 23,336; Co 30,622; Cr 39,613; Cu 107,56; Hg 0,82311; Mn 77,469; Mo n.a.; Ni 19,968; Pb 14,935; Sb 41,65; Se 2,0357; Sn 25,403; V 279,32; Zn 834,61; Be 0,48468; Sc n.a.; Sr 85,789; Ti 969,36; Tl 0,38774; W n.a.; Si n.a.; Fe 3611,5; Ca n.a.; Al 193,87; K n.a.; Mg n.a.; Na 1420,6; Proporção de carbono em resíduos biogénicos (0 %); Degradabilidade total de resíduos durante 100 anos (1 %);</p>
<p><u>Dados geográficos:</u> Tecnologia existente na Suíça em 2000. O aterro inclui impermeabilização de base, sistema de recolha de lixiviados, tratamento de lixiviados nas estações de tratamento de águas residuais municipais.</p>
<p><u>Tecnologia:</u> Aterro sanitário municipal Suíço, para resíduos sólidos urbanos biogénicos ou não tratados (aterro orgânico reactivo). Sistemas de recolha de lixiviados e de gases provenientes do aterro. Reflorestação e monitorização do aterro, durante 150 anos após o seu encerramento.</p>
<p><u>Dados temporais:</u> 2000</p>
<p><u>Categoria local:</u> Sistemas de eliminação de resíduos.</p>
<p><u>Sub-categoria local:</u> Aterro sanitário.</p>

3.3.2.2. Aglomerado de cortiça expandida

Com base na unidade funcional considerada (0,04 m³) e a massa volúmica da cortiça (120 kg/m³) calcula-se como **4,8 kg** a massa de aglomerado de cortiça expandida produzida [23, 34].

Para embalar o aglomerado de cortiça expandida produzido na unidade industrial é utilizado um filme de plástico com uma espessura de 30 micrómetros. Este plástico é polietileno de baixa de densidade e apresenta uma massa volúmica de 920 kg/m³.

A embalagem faz-se para 8 placas sobrepostas, cada uma com as dimensões de 1 x 0,5 x 0,04 m tal como são fornecidas ao cliente. A área envolvente formada pelas 8 placas sobrepostas (com as dimensões referidas) é 1,96 m² (8 x 0,04 x 2 + 8 x 0,04 x 0,5 x 2 + 2 x 1 x 0,5). Multiplicando a área pela espessura do filme, obtém-se um volume de 5,88x10⁻⁵ m³ de plástico, que apresenta uma massa de 0,05 kg obtido partir de ((5,88x10⁻⁵) x 920). Dividindo a massa anterior por 8, obtém-se a massa de plástico para embalar uma placa (6,8x10⁻³ kg).

Como a unidade funcional refere 2 placas com as dimensões acima referidas, é necessária uma quantidade de **0,014 kg** de filme de plástico para as embalar.

A Amorim Isolamentos, S.A., é simultaneamente produtora e distribuidora dos seus materiais. O transporte é realizado por camião desde a unidade industrial em Silves até à Escola Secundária em Rio Tinto (local de obra), correspondendo a uma distância de aproximadamente 534 km. Assim, juntamente com a base de dados para o transporte em camião, é inserida um valor de referência de **2,56 tkm** ((4,8 kg / 1000) x (534 km)).

Para se ter uma noção dos tipos de tratamento de fim de vida, a que são sujeitos os resíduos de cortiça expandida, actualmente, em Portugal, contactaram-se vários operadores de gestão de resíduos do Norte do País.

Segundo estes operadores, 86 % dos resíduos de cortiça, em Portugal, sofrem reciclagem mecânica, 9 % desses resíduos são valorizados energeticamente (incineração) e 5 % (resíduos contaminados) vão para aterro.

Para este estudo vai ser considerado que os aglomerados de cortiça expandida sofrem os seguintes tipos de tratamentos de fim de vida: “Incineração” e “deposição em aterro”.

Contudo, não existem bases de dados disponíveis no SimaPro para estes tipos de tratamento de fim de vida dos aglomerados de cortiça expandida.

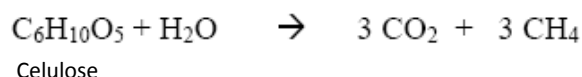
Recorreu-se então a informação disponível para a rolha de cortiça natural ^[45]. Considerou-se que os aglomerados de cortiça sofrem o mesmo tipo de tratamentos fim de vida (incineração e deposição em aterro) que a rolha de cortiça.

Salienta-se aqui que eventuais resinas ou colas existentes nos aglomerados não são tidos em consideração.

Da deposição em aterro (sem recolha de gases) das rolhas de cortiça, resultam emissões gasosas de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂). Estas emissões devem-se a processos de degradação aeróbia e anaeróbia das rolhas.

Da referida deposição, resultam ainda “resíduos” provenientes das rolhas que não sofrem decomposição.

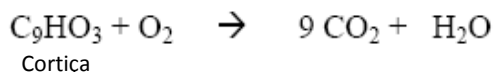
A estimativa das emissões gasosas resultantes da deposição das rolhas de cortiça em aterro, é dada pela reacção de metanogénese de 12,6 % do teor de celulose (componente da cortiça biodegradado anaerobiamente) presente nas rolhas, traduzida na equação 1. Considera-se que da deposição de 2 kg de rolhas de cortiça em aterro, resultam 0,031 kg de CO₂, 0,0127 kg de CH₄ e 1,98 kg de material sólido não decomposto.



Equação 3.1: Equação química que traduz a reacção de metanogénese da celulose ^[45]

Do processo de incineração (sem recuperação energética), resultam emissões gasosas (CO₂) provenientes da queima das rolhas de cortiça e cinzas de fundo que são depositadas em aterro.

A estimativa das emissões gasosas de CO₂, resultantes da incineração das rolhas de cortiça, é dada pela reacção de combustão das rolhas, traduzida na equação 2.



Equação 3.2: Equação química que traduz a reacção de combustão das rolhas de cortiça ^[45]

Considera-se que de 1,5 kg de rolhas de cortiça incineradas, resultam 3,7813 kg de CO₂ e 0,0744 kg de cinzas de fundo que são depositadas em aterro.

Para modelizar os tratamentos de fim de vida deste material, considera-se que no final da vida útil do edifício, 9 % são incinerados e 5 % da quantidade total de placa depositada em aterro.

Os cálculos efectuados conduzem aos seguintes valores para a deposição em aterro:

- “Emissão de CO₂, em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro” → **0,0037 kg** ((5 x 4,8 / 100) x 0,031 / 2);
- “Emissão de CH₄, em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro” → **0,0015 kg** ((5 x 4,8 / 100) x 0,0127 / 2);
- “Resíduos de cortiça que não sofrem decomposição em aterro” → **0,24 kg** ((5 x 4,8 / 100) x 1,98 / 2).

E para a incineração:

- “Emissão de CO₂, em zona residencial, resultante da incineração da cortiça” → **1,09 kg** ((9 x 4,8/ 100) x 3,7813 / 1,5);
- “Cinzas de fundo depositadas em aterro” → **0,02 kg** ((9 x 4,8/ 100) x 0,0744 / 1,5).

Esta informação foi complementada com informação disponível nas bases de dados do Ecoinvent disponíveis no SimaPro 7.2. para o aglomerado de cortiça expandida, no que respeita à produção do aglomerado, embalagem, transporte e tratamentos de fim de vida. O processo de fabrico do aglomerado de cortiça expandida é descrito anteriormente no Capítulo 2. Este processo utiliza como matérias-primas a falca, o rebusco, o refugo, entre outros.

Para modelizar a produção de aglomerado de cortiça expandida, em SimaPro, é utilizada a base de dados “cork slab, at plant/RER U”. Esta base de dados inclui os processos associados à colheita manual da cortiça, o seu transporte para as indústrias aglomeradoras e o processo de aglomeração/expansão da cortiça granulada nessas indústrias.

A Tabela 3.9 inclui os processos da base de dados “cork slab, at plant/RER U”.

Tabela 3.9: Processos incluídos na base de dados “cork slab, at plant/RER U”.

Raw cork, at forest road/RER U	Cork slab, at plant/RER U
<p>Processos incluídos: Inclui a colheita manual da cortiça (a cada 10 anos) e, processos de desbaste e corte final do sobreiro, no final do tempo de vida do mesmo. Também inclui o transporte dos trabalhadores para as florestas e, o transporte da cortiça para a beira das estradas.</p> <p>Observação: O volume de madeira produzida refere-se a madeira não incluindo a casca; O output do processo múltiplo “colheita de cortiça/ desbaste / corte final, sob a casca”, fornece dos subprodutos: “wood, cork oak, under bark, u=70%, at forest road” e “raw cork, at forest road”; A atribuição é baseada no excesso de todas as receitas de madeira e cortiça.</p> <p>Dados geográficos: Europa (Portugal, Alemanha)</p> <p>Tecnologia: Colheita manual de cortiça.</p> <p>Dados temporais: 1993</p> <p>Categoria local: Materiais de construção em madeira</p> <p>Sub-categoria local: Extração</p>	<p>Processos incluídos: Inclui os inputs de material e energia para o processo de produção, transportes (para os inputs de material) e emissões resultantes.</p> <p>Observação: Produto de cortiça usado para pavimentos flutuantes ou como material para isolamento.</p> <p>Dados geográficos: Portugal e resto da Europa</p> <p>Tecnologia: Processo de fabrico em batch ou em contínuo</p> <p>Dados temporais: 2003</p> <p>Categoria local: Isolamento térmico</p> <p>Sub-categoria local: Produção</p>

Para a modelização da produção do filme de plástico usado na embalagem do aglomerado de cortiça expandida, em SimaPro, é utilizada a base de dados “packaging film, LDPE, at plant/RER U”. Esta base de dados inclui o transporte da matéria-prima de plástico desde o local de produção até ao local onde irá ser extrudada, bem como o processo de extrusão da mesma para produção de filme. A descrição desta base de dados foi realizada anteriormente aquando da análise de inventário realizada para o poliestireno expandido.

Segundo a Amorim Isolamentos, S.A., o aglomerado de cortiça expandida é transportado ao cliente em camião, com capacidade aproximada de 60 m³.

É possível observar na Figura 3.6 que ao veículo se encontra acoplado um reboque com apenas um eixo.

Segundo o referido na legislação em vigor, um reboque deste tipo pode transportar uma carga máxima de 10 toneladas^[44].

Load Capacity: 12 t, 58 m³
Load area dimensions: 7,70 m x 2,95 m



Figura 3.6: Camião com uma capacidade aproximada de 60 m³^[43].

Na modelização do transporte do aglomerado de cortiça expandida é utilizada uma base de dados que tem em linha de conta a operação “transporte” e, também, o fabrico, manutenção e tratamento de fim de vida do veículo e da via rodoviária.

Recorre-se à base de dados “Transport, lorry 7.5-16t, EURO5/RER U”, cujos processos são identificados na Tabela 3.10.

Tabela 3.10: Processos incluídos na base de dados “Transport, lorry 7.5-16t, EURO5/RER U”.

Transport, lorry 7.5-16 t, EURO5/RER U
<p><u>Processos incluídos:</u> Inclui a operação do veículo; inclui a produção, manutenção e eliminação do veículo; inclui a produção, manutenção e eliminação da estrada.</p>
<p><u>Observação:</u> O inventário da base de dados refere-se a todo o ciclo de vida de transporte. Para infra-estruturas rodoviárias, os gastos e as intervenções ambientais, devido à construção, renovação e eliminação das estradas foram atribuídas com base no desempenho de uma tonelada por quilómetro bruto. Os gastos devidos à operação do veículo na estrada, bem como o uso do terreno, foram atribuídos com base no desempenho anual do veículo em quilómetros.</p>
<p><u>Dados geográficos:</u> Os dados para a operação dos veículos e para as infraestruturas rodoviárias reflectem condições Suíças; Os dados para o fabrico e manutenção dos veículos são Europeus; Os dados para a eliminação dos veículos reflectem condições Suíças.</p>
<p><u>Tecnologia:</u> Motor a diesel</p>
<p><u>Dados temporais:</u> 2007</p>
<p><u>Categoria local:</u> Sistemas de transporte</p>
<p><u>Sub-categoria local:</u> Estrada</p>

A informação no que respeita às emissões libertadas durante as opções de fim de vida do aglomerado, nomeadamente sobre a incineração e a deposição em aterro, são recolhidas a partir da bibliografia ^[45] sobre avaliação do ciclo de vida da rolha de cortiça natural. Foram ainda efectuadas algumas considerações relativas às emissões de CO₂, CH₄, resíduos sólidos para a deposição em aterro e incineração.

Em relação à deposição em aterro, considera-se que:

A emissão de CO₂ ocorre em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro: CO₂ (low. pop.)

A emissão de CH₄ ocorre em zona não residencial, resultante da deposição de cortiça em aterro: CH₄ (low. pop.)

Existem resíduos de cortiça que não sofrem decomposição em aterro: wood waste

Em relação à incineração, considera-se que:

A emissão de CO₂ ocorre em zona residencial, resultante da incineração da cortiça: CO₂ (high. pop.)

As cinzas de fundo são depositadas em aterro: wood ashes

3.3.3. Avaliação do impacte do ciclo de vida

Como já referido no início deste capítulo, a AICV processa-se em cinco etapas: Selecção de categorias de impacte, indicadores de categoria e modelos de caracterização; imputação dos resultados do ICV (Classificação); cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (Caracterização); cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria em relação à informação de referência (Normalização); ponderação. As duas últimas etapas são opcionais. Em seguida são identificados os passos realizados em cada uma das etapas.

Seleccção de categorias de impacte, indicadores de categoria e modelos de caracterização

Nesta etapa é seleccionado, no SimaPro, o método de avaliação de impacte que se pretende utilizar. Cada método contém um número determinado de categorias de impacte.

Para avaliar o impacte ambiental dos dois materiais, é seleccionado o método *CML baseline 2000* ^[42] existente no SimaPro 7.2. Este método é uma versão de base do método CML 2001 e não inclui todas as categorias de impacte.

O método CML 2001 é indicado na Regra de Categoria de Produto para materiais de isolamento ^[23].

A metodologia *CML 2 baseline 2000* abrange duas etapas, nomeadamente, a Caracterização e a Normalização.

Imputação dos resultados do ICV (classificação)

Nesta etapa os resultados de ICV são combinados com as categorias de impacto seleccionadas na etapa anterior. O software SimaPro realiza este passo automaticamente.

Cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (etapa de Caracterização)

Nesta etapa é calculada a dimensão dos impactos ambientais por categoria. Os resultados ICV já atribuídos qualitativamente às categorias de impacto (etapa anterior), são agora quantificados com base numa unidade comum (factor de caracterização) atribuída à categoria respectiva, permitindo a expressão dos resultados num valor único.

Em termos práticos, para calcular o resultado do impacto de uma dada categoria de impacto, começa-se por multiplicar a carga ambiental pelo respectivo factor de caracterização. Os resultados dos produtos são somados, dando origem ao resultado do impacto para cada categoria de impacto ambiental.

As categorias de impacto presentes na metodologia CML 2 baseline 2000 são listadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11: Categorias de impacto da metodologia CML 2 baseline 2000 ^[42].

Categorias de impacto
Depleção da camada de ozono (ODP)
Toxicidade humana
Ecotoxicidade aquática (água doce)
Ecotoxicidade aquática (marinha)
Ecotoxicidade terrestre
Oxidação fotoquímica
Aquecimento global (GWP100)
Acidificação
Depleção abiótica
Eutrofização

Cálculo da magnitude dos resultados dos indicadores de categoria em relação à informação de referência (etapa de Normalização)

Nesta etapa os indicadores das categorias de impacto são normalizados e representados num único referencial, permitindo comparar as várias substâncias inventariadas.

A normalização de resultados é uma etapa facultativa da AICV. Estes resultados obtêm-se dividindo cada um dos resultados de impacto na categoria impacto (determinados na etapa anterior), pelo respectivo factor de normalização.

Os factores de normalização da metodologia CML 2 baseline 2000 a serem considerados na avaliação de ciclo de vida dos dois materiais de isolamento, são apresentados na Tabela 3.12 ^[46].

No que diz respeito à etapa de Normalização para o ciclo de vida do poliestireno expandido, os indicadores de base são calculados para a situação de referência: Mundo (1995). Esta opção deve-se ao facto de a extracção do petróleo (utilizado no fabrico do poliestireno expansível) ser considerada um processo a uma escala geográfica mundial.

Relativamente à etapa de Normalização para o ciclo de vida da cortiça expandida, os indicadores de base são calculados para a situação de referência: Europa Ocidental (1995). Esta opção deve-se ao facto de os dados considerados no estudo reportarem na sua maioria processos Portugueses.

Tabela 3.12: Factores de normalização do método CML 2001 ^[46]. Nesta tabela estão incluídas as categorias de impacto e os factores de normalização que constituem o método CML 2 baseline 2000.

Impact category	Name	Normalisation factor		
		West Europe, 1995	World, 1995	Unit
acidification potential	average European	2.74E+10	3.22E+11	kg SO ₂ -Eq/a
acidification potential	generic	2.94E+10	3.35E+11	kg SO ₂ -Eq/a
climate change	GWP 100a	4.82E+12	4.15E+13	kg CO ₂ -Eq/a
climate change	GWP 20a	5.83E+12	5.40E+13	kg CO ₂ -Eq/a
climate change	GWP 500a	4.04E+12	3.31E+13	kg CO ₂ -Eq/a
climate change	lower limit of net GWP	4.49E+12	4.04E+13	kg CO ₂ -Eq/a
climate change	upper limit of net GWP	4.93E+12	4.41E+13	kg CO ₂ -Eq/a
eutrophication potential	average European	3.22E+10	3.90E+11	kg NO _x -Eq/a
eutrophication potential	generic	1.25E+10	1.32E+11	kg PO ₄ -Eq/a
freshwater aquatic ecotoxicity	FAETP 100a	4.72E+11	1.81E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater aquatic ecotoxicity	FAETP 20a	4.69E+11	1.79E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater aquatic ecotoxicity	FAETP 500a	4.82E+11	1.88E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater aquatic ecotoxicity	FAETP infinite	5.05E+11	2.04E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater sediment ecotoxicity	FSETP 100a	4.38E+11	1.89E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater sediment ecotoxicity	FSETP 20a	4.31E+11	1.84E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater sediment ecotoxicity	FSETP 500a	4.62E+11	2.07E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
freshwater sediment ecotoxicity	FSETP infinite	5.18E+11	2.46E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
human toxicity	HTP 100a	7.49E+12	5.67E+13	kg 1,4-DCB-Eq/a
human toxicity	HTP 20a	7.48E+12	5.67E+13	kg 1,4-DCB-Eq/a
human toxicity	HTP 500a	7.50E+12	5.68E+13	kg 1,4-DCB-Eq/a
human toxicity	HTP infinite	7.57E+12	5.71E+13	kg 1,4-DCB-Eq/a
ionising radiation	ionising radiation	4.88E+4	1.34E+5	DALYs/a
land use	competition	3.27E+12	1.24E+14	m ² /a
malodours air	malodours air			m ³ air/a
marine aquatic ecotoxicity	MAETP 100a	4.64E+11	1.90E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine aquatic ecotoxicity	MAETP 20a	1.16E+11	4.83E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine aquatic ecotoxicity	MAETP 500a	2.33E+12	9.83E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine aquatic ecotoxicity	MAETP infinite	1.14E+14	5.12E+14	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine sediment ecotoxicity	MSETP 100a	5.90E+11	2.40E+12	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine sediment ecotoxicity	MSETP 20a	2.17E+11	8.91E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine sediment ecotoxicity	MSETP 500a	2.38E+12	1.00E+13	kg 1,4-DCB-Eq/a
marine sediment ecotoxicity	MSETP infinite	1.04E+14	4.69E+14	kg 1,4-DCB-Eq/a
photochemical oxidation (summer smog)	EBIR			kg formed ozone/a
photochemical oxidation (summer smog)	high NO _x POCP	8.24E+9	9.59E+10	kg ethylene-Eq/a
photochemical oxidation (summer smog)	low NO _x POCP	6.31E+9	8.89E+10	kg ethylene-Eq/a
photochemical oxidation (summer smog)	MIR			kg formed ozone/a
photochemical oxidation (summer smog)	MOIR			kg formed ozone/a
resources	depletion of abiotic resources	1.48E+10	1.57E+11	kg antimony-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 10a	1.87E+8	8.99E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 15a	1.46E+8	6.93E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 20a	1.28E+8	6.01E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 25a	1.14E+8	5.43E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 30a	1.05E+8	5.01E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 40a	9.54E+7	4.50E+8	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP 5a	3.11E+8	1.61E+9	kg CFC-11-Eq/a
stratospheric ozone depletion	ODP steady state	8.30E+7	5.15E+8	kg CFC-11-Eq/a
terrestrial ecotoxicity	TAETP 100a	2.03E+10	1.40E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a
terrestrial ecotoxicity	TAETP 20a	1.92E+10	1.35E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a
terrestrial ecotoxicity	TAETP 500a	2.44E+10	1.61E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a
terrestrial ecotoxicity	TAETP infinite	4.73E+10	2.89E+11	kg 1,4-DCB-Eq/a

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo são analisados os resultados obtidos para ambos os materiais de isolamento, nas etapas de caracterização e normalização da metodologia de avaliação de impacto do ciclo de vida. A avaliação do impacto associado ao ciclo de vida dos dois materiais de isolamento é realizada com recurso à metodologia *CML 2 baseline 2000*. Várias considerações foram tomadas respeitantes às várias opções associadas com a avaliação de impactos.

No que diz respeito à normalização, mais concretamente ao ciclo de vida do poliestireno expandido, os indicadores de base são calculados para a situação de referência (Mundo em 1995). Esta opção deve-se ao facto de que alguns dos processos associados ao ciclo de vida (como, por exemplo, a extracção do petróleo utilizado no fabrico do poliestireno expansível) não estarem confinados à escala Europeia.

Em relação à normalização, mas para o caso do ciclo de vida da cortiça expandida, os indicadores de base são calculados para a situação de referência (Europa Ocidental em 1995). Esta opção deve-se ao facto de apesar de não estarem disponíveis factores para a situação nacional, os dados considerados no estudo reportarem na sua maioria processos realizados em Portugal.

Na avaliação faz-se uso de algumas possibilidades do software SimaPro, por activação de funções do programa. Estas possibilidades referem-se à inclusão de infraestruturas na avaliação que possam estar associadas aos vários processos que ocorrem durante o ciclo de vida. São também consideradas emissões que se fazem sentir durante um longo período temporal (designadas por *long-term emissions*). Estas emissões fazem-se sentir por períodos de tempo longos, superiores a 100 anos. Na base desta opção está a deposição dos materiais de isolamento em aterro no final dos seus tempos de vida espectáveis. Os materiais depositos podem dar origem a emissões de longa duração temporal ^[47] que podem pressupor períodos de tempo superiores a 100 anos.

4.1. ANÁLISE INDIVIDUAL DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS MATERIAIS

4.1.1. Contribuição dos vários processos para o impacto ambiental

Em seguida apresentam-se os diagramas que representam a contribuição dos vários processos unitários para o impacto ambiental total. Estes diagramas são uma forma de representação dos resultados disponível no SimaPro que permite verificar a maior ou menor contribuição de cada processo unitário em termos de impacto ambiental. As contribuições referidas são representadas nos diagramas por setas com maior ou menor espessura. A espessura é tanto maior, quanto maior é a contribuição do processo unitário. É ainda possível referenciar as contribuições em termos percentuais. Os diagramas são apresentados para o caso do poliestireno expandido (Figura 4.1) e para o caso do aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.2).

Em relação ao poliestireno expandido (Figura 4.1) realça-se que o processo unitário de produção do material apresenta a maior contribuição (com 98,5 %) para o impacto total. A produção do poliestireno expandido resulta de dois processos, nomeadamente, a produção de poliestireno expansível e o processo de termo-moldagem. O processo de produção do poliestireno expansível apresenta uma contribuição de 88,3 % para o impacto total. Já o processo de termo-moldagem

apresenta uma contribuição de apenas 10,1 %. A maior contribuição do processo de produção do poliestireno expansível deve-se à extracção do petróleo (combustível fóssil) para produzir um seu derivado, a nafta. A nafta é utilizada para o fabrico do areão de poliestireno (poliestireno expansível).

Os resultados mostram uma pequena contribuição (de apenas 2 %) dos processos de produção de filme de polietileno usado na embalagem, transporte do material até ao local de obra e tratamento de fim de vida (deposição em aterro).

Em relação ao aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.2) verifica-se que o processo unitário de produção do material apresenta a maior contribuição (91,6 %) para o impacte total. Associado a este processo encontram-se a energia eléctrica e os agentes químicos e resinas usados na aglomeração do granulado de cortiça aquando da etapa de cozedura em autoclave.

A electricidade obtida a partir da queima da hulha (carvão mineral) possui uma contribuição de 40,4 % para o impacte ambiental total. Já os agentes químicos e as resinas necessárias à aglomeração do granulado de cortiça possuem uma contribuição de 51,3 % para o impacte ambiental total que são divididos do seguinte modo, 22,3 % (resina de melamina formaldeídica), 13,5 % (resina fenólica) e 15,5 % (resina de ureia formaldeídica).

As resinas têm origem na ureia, que por sua vez, resulta do vapor de amónia. Para produção deste vapor tem contribuição o gás natural.

Verifica-se a pequena contribuição (inferior a 9 %) para o impacte ambiental total associada aos processos de fabrico de filme de plástico para embalagem, transporte do material até ao local de obra e tratamentos de fim de vida do material (valorização energética (incineração) e deposição em aterro).

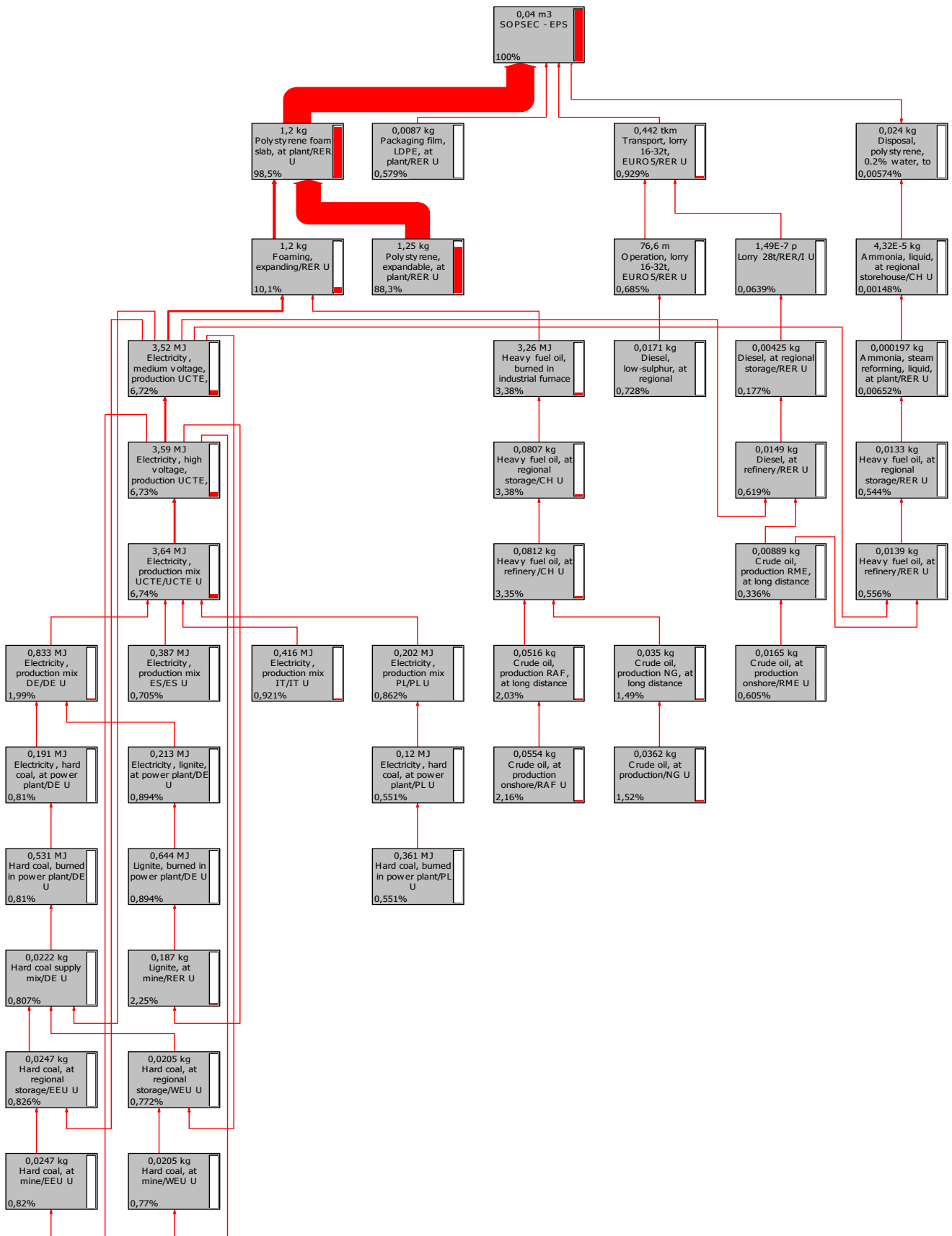


Figura 4.1: Representação esquemática da contribuição dos vários processos para o impacto ambiental total associado ao poliestireno expandido para o sistema considerado na análise. Estes resultados são obtidos a partir do SimaPro 7.2. Não são visíveis nesta representação 0,55 % dos processos associados ao ciclo de vida do material.

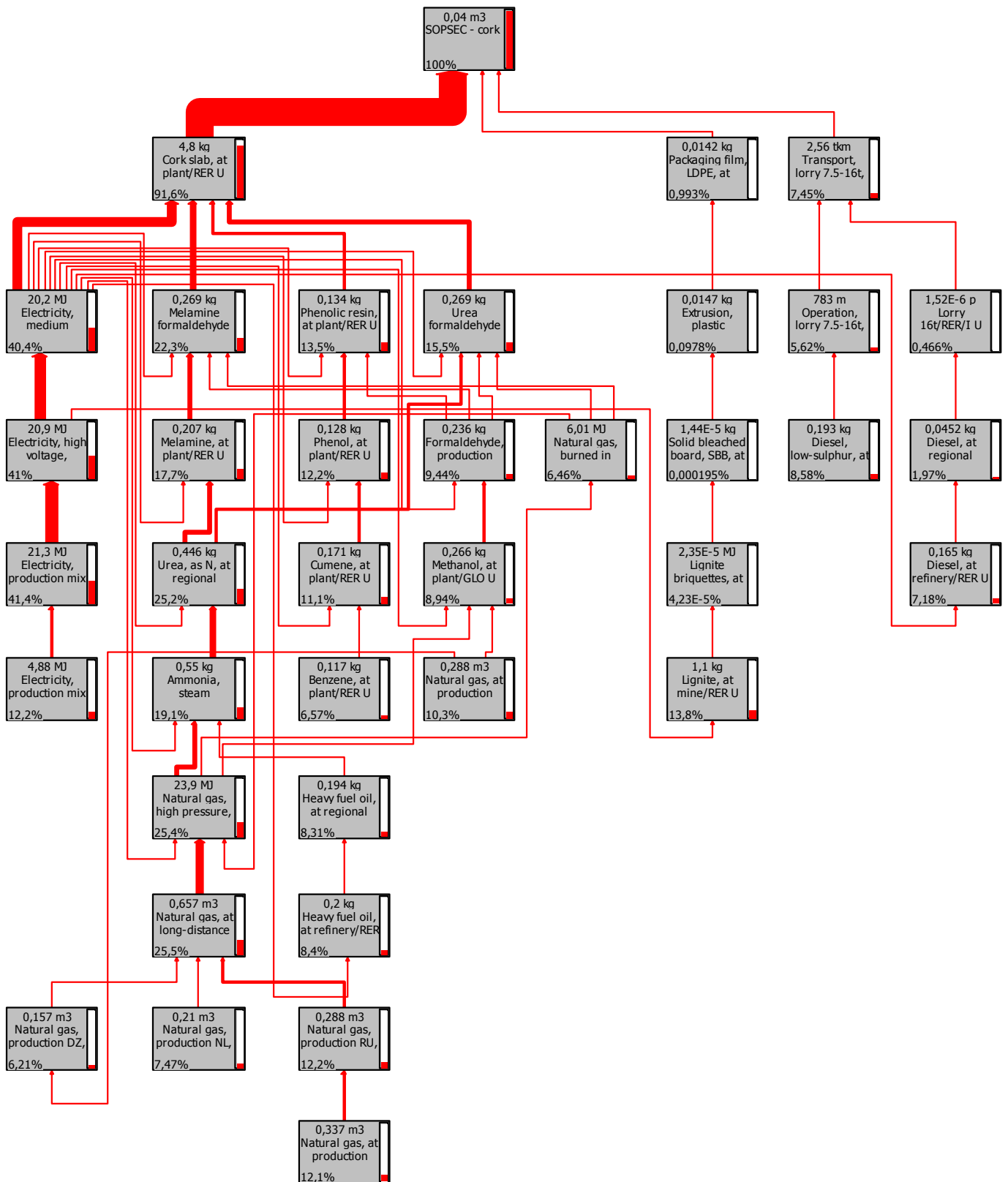


Figura 4.2: Representação esquemática da contribuição dos vários processos para o impacto ambiental total associado ao aglomerado de cortiça expandida para o sistema considerado na análise. Estes resultados são obtidos a partir do SimaPro 7.2. Não são visíveis nesta representação 5,7 % dos processos associados ao ciclo de vida do material.

4.1.2. Avaliação do impacte ambiental: Caracterização

Nesta etapa da metodologia são analisadas as contribuições do material de isolamento para cada uma das categorias de impacte.

Verifica-se que os dois materiais contribuem para um total de dez categorias de impacte, nomeadamente, a toxicidade humana, depleção da camada de ozono, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha), ecotoxicidade terrestre, oxidação fotoquímica, aquecimento global (GWP100), acidificação, depleção abiótica e eutrofização.

Os resultados obtidos para cada material são apresentados para o poliestireno expandido (Figura 4.3) e para o aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.4).

Os resultados são apresentados para cada uma das fases principais do ciclo de vida (produção do material, embalagem, transporte até ao local de obra, deposição em aterro e valorização energética).

4.1.2.1. Resultados para o poliestireno expandido

A partir dos resultados obtidos para o poliestireno expandido (Figura 4.3) verifica-se que a sua fase de produção tem uma contribuição predominante para o impacte ambiental total. Isto por comparação com as demais fases do ciclo de vida consideradas. Este facto é válido para todas as categorias de impacte.

Verifica-se ainda que a fase com menor expressão em relação a todas as categorias de impacte é a produção de filme plástico para embalagem do material.

A deposição em aterro apresenta contribuições muito baixas para a grande maioria das categorias de impacte com excepção em quatro categorias, designadamente, a eutrofização (4 %), a toxicidade humana (2 %), a ecotoxicidade aquática (marinha) (4 %) e a ecotoxicidade aquática (água doce) (7 %).

O transporte apresenta contribuições para quase todas as categorias de impacte (nove categorias) e uma contribuição desprezável para a categoria de oxidação fotoquímica.

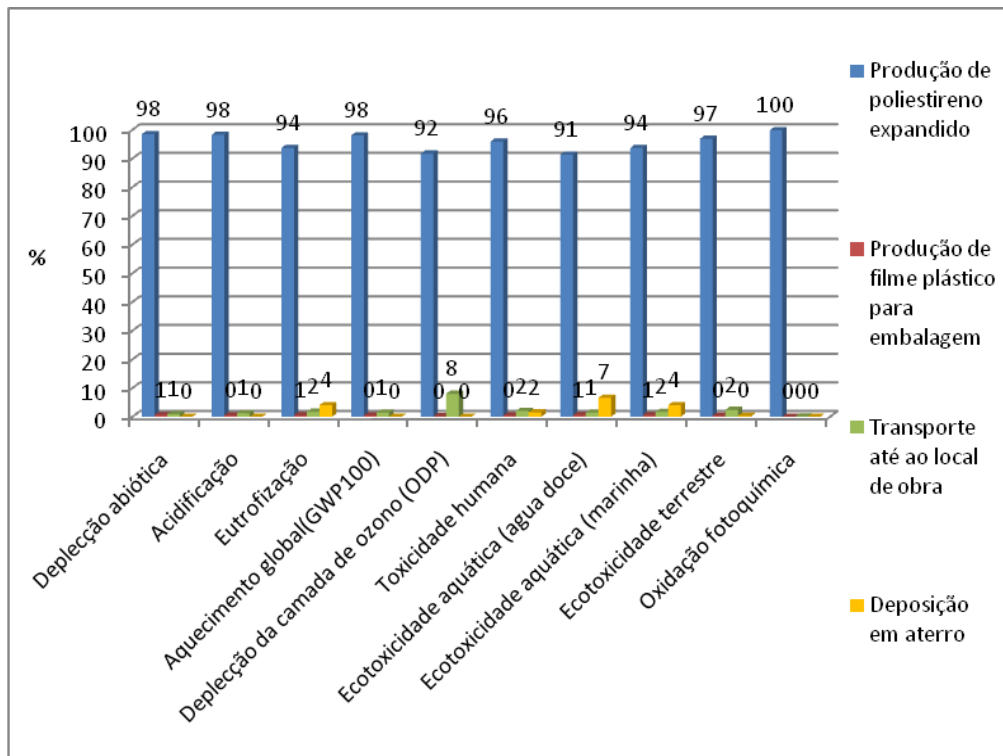


Figura 4.3: Resultados da etapa de Caracterização para cada categoria de impacte, para o poliestireno expandido. Os valores absolutos obtidos para as categorias de impacte reportados à unidade funcional são: depleção abiótica ($5,65E-02$ kg Sb eq), acidificação ($1,82E-02$ kg SO_2 eq), eutrofização ($3,34E-03$ kg PO_4 eq), aquecimento global ($5,07E+00$ kg CO_2 eq), depleção da camada de ozono ($1,45E-07$ kg CFC-11 eq), toxicidade humana ($8,34E-01$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade aquática, água doce ($4,41E-01$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade aquática, marinha ($8,06E+02$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade terrestre ($6,20E-03$ kg 1,4-DB eq) e oxidação fotoquímica ($8,12E-03$ kg C_2H_4).

4.1.2.2. Resultados para o aglomerado de cortiça expandida

Os resultados obtidos para o aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.4) permitem observar que a fase de produção tem uma contribuição predominante para o impacte ambiental total, relativamente às demais fases do ciclo de vida consideradas. Este facto é válido para todas as categorias de impacte.

A produção de plástico para embalagem da cortiça expandida, apresenta contribuições muito reduzidas para a maioria das categorias de impacte ambiental.

O transporte contribui para todas as categoriais de impacte; contudo, as contribuições são reduzidas variando entre 2 % para as categorias ecotoxicidade aquática (água doce) e ecotoxicidade aquática (marinha) e, 17 % para a categoria depleção da camada de ozono.

A incineração da cortiça contribui mais significativamente (com 15 %) para a categoria de aquecimento global. Para as restantes categorias a contribuição é desprezável. Por último, a deposição em aterro é o processo que por comparação contribui menos para todas as categoriais de impacte ambiental associadas ao ciclo de vida da cortiça expandida.

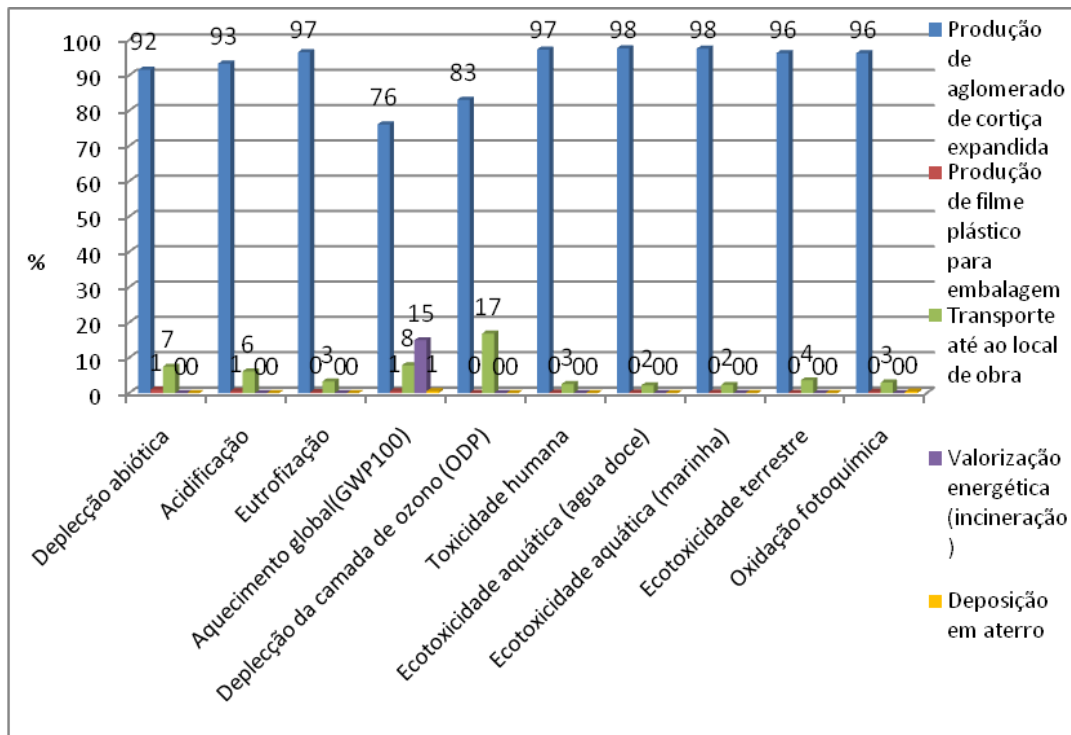


Figura 4.4: Resultados da etapa de Caracterização para cada categoria de impacte para o aglomerado de cortiça expandida. Os valores absolutos obtidos para as categorias de impacte reportados à unidade funcional são: depleção abiótica ($5,39E-02$ kg Sb eq), acidificação ($2,75E-02$ kg SO_2 eq), eutrofização ($1,35E-02$ kg PO_4 eq), aquecimento global ($7,27E+00$ kg CO_2 eq), depleção da camada de ozono ($5,33E-07$ kg CFC-11 eq), toxicidade humana ($4,91E+00$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade aquática, água doce ($2,10E+00$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade aquática, marinha ($4,45E+03$ kg 1,4-DB eq), ecotoxicidade terrestre ($3,08E-02$ kg 1,4-DB eq) e oxidação fotoquímica ($2,23E-03$ kg C_2H_4).

4.1.3. Avaliação do impacte ambiental: Normalização

Nesta etapa, os resultados obtidos na etapa anterior são divididos pelo respectivo factor de normalização disponível para cada categoria de impacte para a situação de referência Mundo, no caso do ciclo de vida do poliestireno expandido, e Europa Ocidental, no caso do ciclo de vida da cortiça expandida. Os resultados desta etapa da AICV são calculados automaticamente pelo SimaPro 7.2.

São aqui identificadas as categorias de impacte predominantes em cada uma das fases do ciclo de vida dos materiais, bem como os principais agentes e processos que estão na base de cada contribuição.

Os resultados para o poliestireno expandido e aglomerado de cortiça expandida são apresentados em seguida.

4.1.3.1. Resultados para o poliestireno expandido

A maior contribuição da produção de poliestireno expandido (Figura 4.5), está associada às cinco categoriais de impacte, nomeadamente, a ecotoxicidade aquática (marinha), seguida da depleção abiótica, da ecotoxicidade aquática (água doce), aquecimento global e, por fim, da oxidação fotoquímica. As restantes categorias possuem contribuições marginais.

A fase de produção de filme plástico para embalagem possui, por comparação, uma contribuição desprezável.

Verifica-se ainda uma pequena contribuição da fase de transporte até ao local de obra para o impacte na categoria ecotoxicidade aquática (marinha). O impacte nesta categoria deve-se essencialmente à emissão de berílio, causada por deposição em aterro de resíduos com origem na mineração da lenhite e de resíduos contendo enxofre.

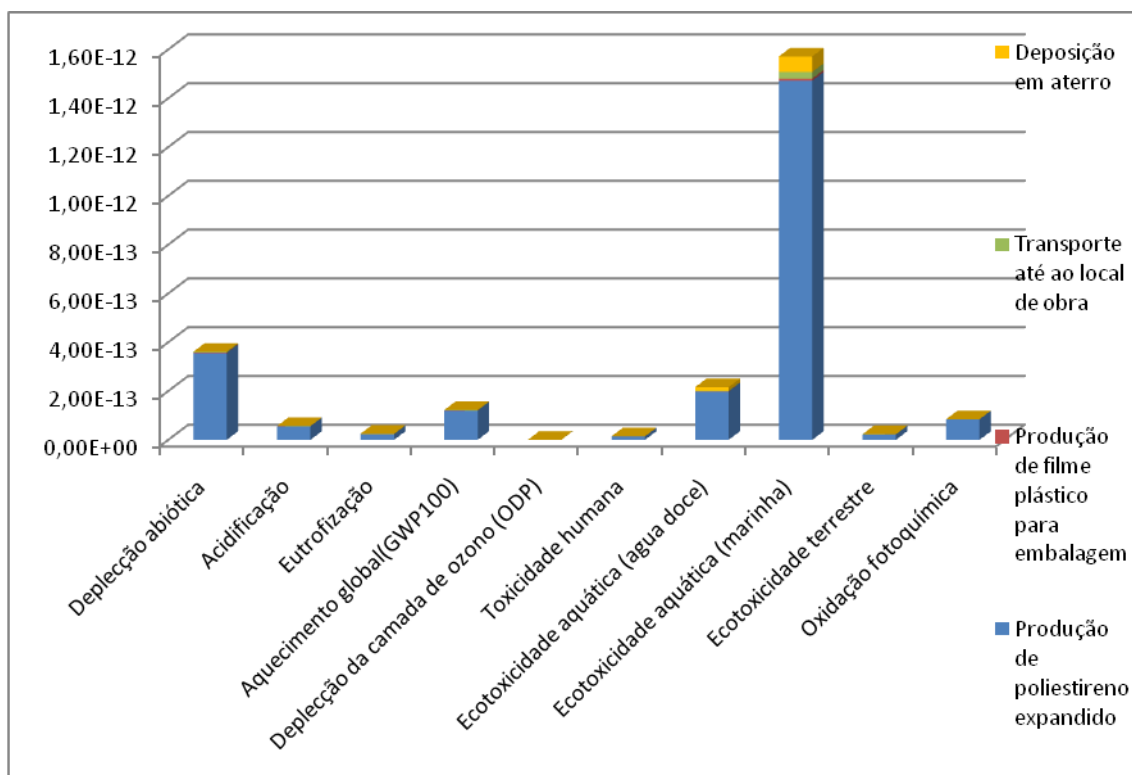


Figura 4.5: Resultados da etapa de Normalização para cada categoria de impacte, para o poliestireno expandido.

A ecotoxicidade aquática revela os efeitos tóxicos provocados em organismos existentes no meio hídrico, devido à emissão de elementos poluentes para esse meio. O impacte existente para a categoria ecotoxicidade marinha, na fase de produção do poliestireno expandido, deve-se às emissões de metais, como, por exemplo, o berílio, níquel, vanádio, cobalto e selénio. A Tabela 4.1 identifica os metais que possuem contribuição de cerca de dois terços para o valor total desta categoria de impacte.

Tabela 4.1: Principais metais que contribuem para a categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Metais	Contribuição do metal para a categoria de impacte ecotoxicidade aquática marinha (%)
Beryllium	45
Nickel, ion	14
Vanadium	6
Cobalt	6
Selenium	6

A Tabela 4.2 identifica os processos que contribuem com cerca de dois terços para o impacto desta categoria, na fase de produção do poliestireno expandido. Inclui-se aqui a deposição em aterro de resíduos com origem na mineração da lenhite, bem como dos resíduos das minas de extracção de carvão, a queima de fuelóleo em fornos industriais, a deposição em aterro dos resíduos de incineração e o próprio processo de fabrico do poliestireno expansível.

Tabela 4.2: Principais processos que contribuem para a categoria ecotoxicidade aquática (marinha), associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha (%)
Disposal, spoil from lignite mining, in surface landfill/GLO U	52
Disposal, spoil from coal mining, in surface landfill/GLO U	12
Heavy fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/CH U	6
Disposal, average incineration residue, 0% water, to residual material landfill/CH U	4
Polystyrene, expandable, at plant/RER U	3

Verifica-se, embora em menor extensão, contribuição da deposição em aterro do poliestireno expandido para as categorias de impacto de ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce). O impacto existente para a categoria ecotoxicidade marinha, na fase de deposição do material em aterro, deve-se às emissões de metais, tais como, por exemplo, vanádio e berílio (Tabela 4.3).

Tabela 4.3: Principais metais que contribuem para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à deposição do poliestireno em aterro (etapa de Normalização).

Substâncias	Contribuição do metal para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha (%)
Vanadium, ion	2
Beryllium	1

Os principais poluentes e processos que contribuem para a ecotoxicidade aquática (água doce) são os mesmos que contribuem para a ecotoxicidade marinha.

É de referir que as restantes fases do ciclo de vida do poliestireno expandido (produção de plástico para embalagem e transporte até ao local de obra) apresentam contribuições desprezáveis para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce).

O impacto existente na categoria depleção abiótica deve-se ao facto de o poliestireno expandido ser produzido a partir de um derivado do petróleo (nafta), sendo que para o processo de expansão do poliestireno é utilizado como fonte energética o gás natural.

A Tabela 4.4 identifica os recursos naturais que possuem uma contribuição de 96% para o valor total desta categoria de impacto.

Tabela 4.4: Principais recursos naturais que contribuem para a categoria depleção abiótica associado à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Recursos	Contribuição dos recursos naturais para a categoria de impacto depleção abiótica (%)
Oil, crude, in ground	50
Gas, natural, in ground	39
Coal, hard, unspecified, in ground	7

A extração de minerais e combustíveis fósseis (consumos associados à categoria de depleção abiótica) possuem uma grande representatividade em termos de impacto do poliestireno. Verifica-se que dos processos que mais contribuem para a categoria depleção abiótica, na fase de produção do poliestireno expandido, é destacada a produção do poliestireno expansível (Tabela 4.5). Este processo por si só contribui com 89% para a categoria de depleção abiótica devido ao facto de estar associado à extração de petróleo do solo para produção de um seu derivado a nafta. Como já referido o poliestireno expansível é produzido a partir da nafta.

Tabela 4.5: Principais processos que contribuem para a categoria depleção abiótica associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto depleção abiótica (%)
Polystyrene, expandable, at plant/RER U	89
Lignite, at mine/RER U	2
Crude oil, at production onshore/RAF U	2

É de referir que as restantes fases do ciclo de vida do poliestireno expandido (produção de plástico para embalagem, transporte até ao local de obra e tratamento de fim de vida (deposição em aterro)) apresentam contribuições desprezáveis para o impacto na categoria depleção abiótica.

Em relação à categoria aquecimento global, constata-se que o impacto está essencialmente associado às emissões de gases de efeito de estufa (dióxido de carbono fóssil e metano fóssil) (Tabela 4.6).

Tabela 4.6: Principais gases que contribuem para o impacto na categoria aquecimento global (GWP 100) associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Substâncias	Contribuição das substâncias para a categoria de impacto aquecimento global (%)
Carbon dioxide, fossil	79
Methane, fossil	18

O processo que mais contribui para esta categoria é a produção de poliestireno expansível (contribuição de 80 %). A queima de fuelóleo em fornos industriais possui, comparativamente, uma pequena contribuição (5 %) (Tabela 4.7).

Tabela 4.7: Principais processos para o impacto na categoria aquecimento global (GWP 100) associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto aquecimento global (%)
Polystyrene, expandable, at plant/RER U	80
Heavy fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/CH U	5

É de referir que as restantes fases do ciclo de vida do poliestireno expandido (produção de plástico para embalagem, transporte até ao local de obra e tratamento de fim de vida (deposição em aterro)) apresentam contribuições desprezáveis para o impacto na categoria aquecimento global.

O impacto na categoria oxidação fotoquímica apresenta também a contribuição da fase de produção do poliestireno expandido. O impacto está associado à emissão de gases para a atmosfera, tais como o pentano, o dióxido de enxofre, o metano e o monóxido de carbono (Tabela 4.8).

Tabela 4.8: Principais gases que contribuem para a categoria oxidação fotoquímica associada à produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Gases	Contribuição dos gases para a categoria de impacto oxidação fotoquímica (%)
Pentane	88
Sulfur dioxide	6
Methane, fossil	3
Carbon monoxide, fossil	2

Os processos que mais contribuem para esta categoria são a termo-moldagem do poliestireno (contribuição de 88 %) e a produção de poliestireno expansível (contribuição de 10 %) (Tabela 4.9).

Tabela 4.9: Principais processos para o impacto na categoria oxidação fotoquímica associado à fase de produção do poliestireno expandido (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto oxidação fotoquímica (%)
Foaming, expanding/RER U	88
Polystyrene, expandable, at plant/RER U	10

É de referir que as restantes fases do ciclo de vida do poliestireno expandido (produção de plástico para embalagem, transporte até ao local de obra e tratamento de fim de vida (deposição em aterro)) apresentam contribuições desprezáveis para o impacto na categoria aquecimento global.

4.1.3.2. Resultados para o aglomerado de cortiça expandida

Analisando a fase de produção do aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.6), verifica-se uma contribuição preponderante da ecotoxicidade aquática (marinha), seguida das categorias de ecotoxicidade aquática (água doce) e depleção abiótica. As restantes categorias possuem contribuições marginais.

As fases de produção de filme plástico para embalagem, de transporte até ao local de obra, valorização energética e deposição em aterro possuem, por comparação, uma contribuição desprezável.

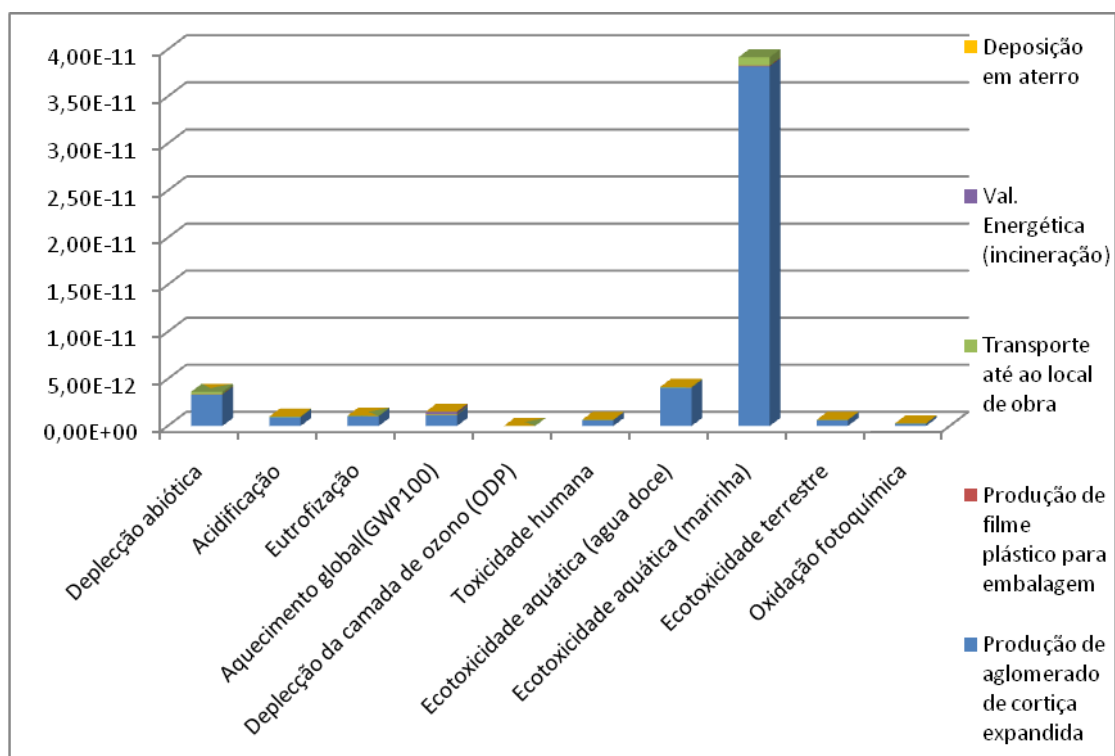


Figura 4.6: Resultados da etapa de Normalização para cada categoria de impacto e para o aglomerado de cortiça expandida.

No que diz respeito à ecotoxicidade aquática, esta categoria revela os efeitos tóxicos provocados em organismos existentes no meio hídrico, devido à emissão de elementos poluentes para esse meio.

O impacto existente para a categoria ecotoxicidade aquática marinha, na fase de produção da cortiça expandida, deve-se às emissões de metais, como, por exemplo, o berílio, níquel, cobalto, selénio e vanádio (Tabela 4.10).

Tabela 4.10: Principais metais que contribuem para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associada à fase de produção da cortiça expandida (etapa de Normalização).

Metais	Contribuição do metal para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha (%)
Beryllium	53
Nickel, ion	14
Cobalt	7
Selenium	6
Vanadium, ion	5

Os processos que contribuem com cerca de dois terços para o impacto nesta categoria estão associados à deposição em aterro de resíduos de lenhite e resíduos da extracção mineira de carvão e de resíduos contendo enxofre (Tabela 4.11).

Tabela 4.11: Principais processos para o impacto na categoria ecotoxicidade aquática (marinha) associado à fase de produção da cortiça expandida (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto ecotoxicidade aquática (marinha) (%)
Disposal, spoil from lignite mining, in surface landfill/GLO U	54
Disposal, spoil from coal mining, in surface landfill/GLO U	11
Disposal, sulfidic tailings, off-site/GLO U	10

Em relação à ecotoxicidade aquática (água doce) constata-se que o recurso e processos com maior contribuição são semelhantes aos que contribuem para a categoria de ecotoxicidade marinha.

Em relação à depleção abiótica deve-se ter em conta a necessidade de se recorrer a matérias-primas fósseis para a produção de agentes químicos e resinas usados no processo de aglomeração (no processo de fabrico das resinas é utilizado o gás natural). Para produção da cortiça expandida é necessária electricidade. Esta é produzida a partir da queima da hulha (carvão mineral). A Tabela 4.12 apresenta os principais recursos que contribuem para cerca de 92 % da categoria de depleção abiótica.

Tabela 4.12: Principais substâncias que contribuem para o impacto na categoria depleção abiótica associado à produção de aglomerado de cortiça expandida (etapa de Normalização).

Substâncias	Contribuição das substâncias para a categoria de impacto depleção abiótica (%)
Gas, natural, in ground	42
Oil, crude, in ground	19
Coal, hard, unspecified, in ground	17
Coal, brown, in ground	14

De entre os processos da fase de produção da cortiça expandida que contribuem (contribuição de cerca de 52 %) para a categoria depleção abiótica, destaca-se a extração mineira de lenhite, a produção de gás natural, a produção de benzeno, a extração de hulha das minas e a produção de propileno (Tabela 4.13).

Tabela 4.13: Principais processos que contribuem para o impacto na categoria depleção abiótica associado à fase de produção de aglomerado de cortiça expandida (etapa de Normalização).

Processos	Contribuição dos processos para a categoria de impacto depleção abiótica (%)
Lignite, at mine/RER U	15
Natural gas, at production onshore/RU U	13
Natural gas, at production onshore/DZ U	11
Benzene, at plant/RER U	7
Hard coal, at mine/EEU U	6
Natural gas, at production offshore/NO U	6
Natural gas, at production onshore/NL U	6
Hard coal, at mine/WEU U	5
Propylene, at plant/RER U	4

Os restantes processos, tal como a produção de filme plástico para embalagem, o transporte e os tratamentos de fim de vida, não têm uma contribuição considerável para o impacto total

Com base na informação do desempenho ambiental do produto foram elaboradas as declarações ambientais do produto para os dois materiais em estudo. Por razões associadas com a informação contida nas declarações, optou-se por incluir as declarações elaboradas em Anexos. Estes apresentam as declarações ambientais de produto para, respectivamente, o poliestireno expandido (Anexo 6) e o aglomerado de cortiça expandida (Anexo 7).

4.2. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS PARA OS DOIS MATERIAIS

Os resultados relativos à etapa de Caracterização do método de avaliação de impacto para os dois materiais são apresentados na Tabela 4.14.

Tabela 4.14: Resultados da análise comparativa dos ciclos de vida dos dois materiais de isolamento (etapa de Caracterização).

Categoria de impacto	Poliestireno expandido	Aglomerado de cortiça expandida	Unidade
Depleção abiótica	5,65E-02	5,39E-02	kg Sb eq
Acidificação	1,82E-02	2,75E-02	kg SO ₂ eq
Eutrofização	3,34E-03	1,35E-02	kg PO ₄ --- eq
Aquecimento global (GWP 100)	5,07E+00	7,27E+00	kg CO ₂ eq
Depleção da camada de ozono (ODP)	1,45E-07	5,33E-07	kg CFC-11 eq
Toxicidade humana	8,34E-01	4,91E+00	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidade aquática (água doce)	4,41E-01	2,10E+00	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidade aquática (marinha)	8,06E+02	4,45E+03	kg 1,4-DB eq
Ecotoxicidade terrestre	6,20E-03	3,08E-02	kg 1,4-DB eq
Oxidação fotoquímica	8,12E-03	2,23E-03	kg C ₂ H ₄

Ambos os materiais contribuem para dez categorias de impacto ambiental. Verifica-se que os valores das contribuições para o impacto são, em geral, superiores para o aglomerado de cortiça expandida para sete categorias de impacto, nomeadamente, a acidificação, eutrofização, aquecimento global, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha) e a ecotoxicidade terrestre. Apenas para duas categorias de impacto (depleção abiótica e a oxidação fotoquímica), os valores das contribuições são ligeiramente superiores para o poliestireno expandido.

Em relação aos resultados relativos à Normalização (Figura 4.7) são avaliadas as categorias com maior ou menor expressão para o impacto ambiental de cada material. Verifica-se que para o poliestireno expandido, as três maiores contribuições estão associadas às categorias de ecotoxicidade aquática (marinha) (indica os efeitos tóxicos provocados em organismos existentes no meio hídrico, devido à emissão de elementos poluentes para esse meio), depleção abiótica (relacionada com a extracção de combustíveis fósseis) e aquecimento global (impacte resultante da emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera). Em relação ao aglomerado de cortiça expandida, as três maiores contribuições são relativas às categorias de impacto ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce) e à depleção abiótica.

Em suma, nesta etapa de Normalização verifica-se, efectivamente, que para a maioria das categorias de impacto indicadas (excluindo a depleção abiótica e a oxidação fotoquímica), os valores das categorias de impacto são superiores para o aglomerado de cortiça expandida (Figura 4.7).

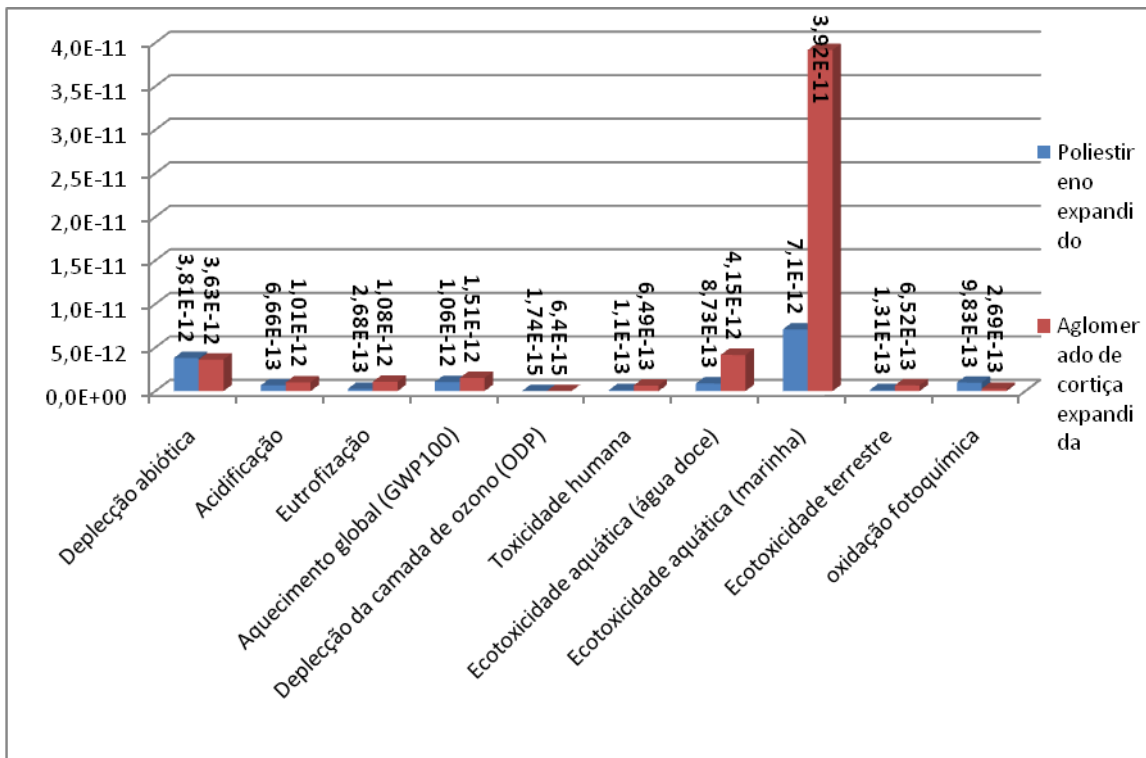


Figura 4.7: Valores obtidos para a análise comparativa dos dois materiais de isolamento (etapa de Normalização).

4.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS E OS DISPONÍVEIS NA BIBLIOGRAFIA PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO

Efectua-se aqui a comparação do desempenho ambiental da declaração ambiental de produto elaborada neste trabalho, com o da declaração ambiental de produto disponível na bibliografia ^[18]. No que diz respeito à análise efectuada para a avaliação do poliestireno disponível na bibliografia realça-se que a análise foi conduzida considerando a escala geográfica da Europa Ocidental para o ano de 2005. Os processos avaliados incluem a produção do poliestireno expansível, o seu transporte até à indústria expansora, o fabrico do poliestireno expandido e o seu transporte até ao cliente/utilizador. A avaliação realizada não considera as fases de produção de filme de plástico para embalagem do poliestireno expandido, aplicação do material em obra, manutenção ao longo de seu tempo de vida, desmantelamento e fase de tratamentos de fim de vida. A informação considerada na análise é incluída no Anexo 2.

No que diz respeito à avaliação ambiental realizada neste trabalho, os pressupostos considerados são distintos. A análise foi conduzida considerando a escala geográfica do Mundo para o ano de 1995. Os processos avaliados incluem a produção do poliestireno expansível, o seu transporte até à indústria expansora, o fabrico do poliestireno expandido, a produção de filme plástico para embalagem do material, o seu transporte até ao cliente/utilizador e o tratamento de fim de vida do material (deposição em aterro). Em suma, a análise efectuada inclui como processos adicionais a produção de polietileno usado na embalagem e o tratamento de fim de vida da placa de isolamento. A avaliação realizada não considera as fases de aplicação do material em obra, manutenção ao longo de seu tempo de vida e o desmantelamento.

A Tabela 4.15 apresenta os resultados obtidos para a Caracterização. Foi necessário reportar os resultados disponíveis na bibliografia por 1,2 para que a unidade funcional (1,2 kg de placa de poliestireno) fosse comum e os dados comparáveis.

Tabela 4.15: Resultados da etapa de Caracterização da declaração ambiental de produto para o poliestireno expandido elaborada neste estudo e, da declaração ambiental de produto disponível na bibliografia para o mesmo material. Os valores reportam à unidade funcional = 1,2 kg de placa de poliestireno expandido

Categoria de impacto	Unidade	Valores calculados para a EPD elaborada	Valores disponíveis na bibliografia consultada
Depleção abiótica	kg Sb eq	5,65E-02	---
Acidificação	kg SO ₂ eq	1,82E-02	---
	mol H ⁺ eq	---	1,128
Eutrofização	kg PO ₄ ⁻⁻⁻ eq	3,34E-03	---
	g O ₂ eq	---	140,4
Aquecimento global (GWP100)	kg CO ₂ eq	5,07E+00	6,84
Depleção da camada de ozono (ODP)	kg CFC-11 eq	1,45E-07	0
Toxicidade humana	kg 1,4-DB eq	8,34E-01	---
Ecotoxicidade aquática (água doce)	kg 1,4-DB eq	4,41E-01	---
Ecotoxicidade aquática (marinha)	kg 1,4-DB eq	8,06E+02	---
Ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DB eq	6,20E-03	---
Oxidação fotoquímica	kg C ₂ H ₄ eq	8,12E-03	0,0264

A análise realizada permite verificar que na EPD elaborada se observam contribuições para impacto em todas as categorias apresentadas. Já a EPD disponível na bibliografia apenas apresenta contribuições para impacto nas categorias acidificação, eutrofização, aquecimento global e oxidação fotoquímica.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões associadas ao desempenho ambiental individual dos materiais de isolamento em estudo (poliestireno expandido e cortiça expandida) no que respeita à contribuição de cada um dos materiais para os vários problemas ambientais representados pelas categorias de impacte ambiental. A análise é efectuada para os resultados obtidos na etapa de Caracterização e de Normalização. Em seguida, são identificados os recursos, poluentes e processos que estão na base da contribuição de cada material para as principais categorias de impacte ambiental.

Depois é efectuada a comparação do desempenho ambiental entre os dois materiais partindo de uma unidade funcional comum que é a placa com 0,04 m³ (unidade funcional usada neste trabalho). São tiradas conclusões sobre os resultados obtidos na etapa de Caracterização e de Normalização.

É realizada uma comparação com base na avaliação ambiental de produto realizada neste trabalho e na avaliação ambiental disponível na bibliografia para o poliestireno expandido.

Por último, são identificadas algumas limitações deste estudo e são referidas algumas recomendações a ter em conta em trabalhos futuros.

5.1. DESEMPENHO AMBIENTAL DOS MATERIAIS

No que refere à etapa de Caracterização, conclui-se que o poliestireno expandido durante o seu ciclo de vida contribui para dez categorias de impacte ambiental, isto é, a depleção abiótica, a acidificação, a eutrofização, o aquecimento global, a depleção da camada de ozono, a toxicidade humana, a ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce), a ecotoxicidade terrestre e a oxidação fotoquímica. No que refere à etapa de Normalização, conclui-se que as categorias que apresentam uma contribuição predominante são: a ecotoxicidade aquática (marinha), seguida da depleção abiótica, da ecotoxicidade aquática (água doce), aquecimento global e, por fim, da oxidação fotoquímica.

Constata-se que para a ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce), têm contribuição as fases de produção do poliestireno e de deposição deste material em aterro. Durante estas fases ocorrem emissões de metais como berílio, níquel, vanádio, cobalto e selénio. Estas emissões estão associadas aos processos de deposição em aterro de resíduos com origem na mineração da lenhite, bem como de resíduos das minas de extracção de carvão, a queima de fuelóleo em fornos industriais, a deposição em aterro de resíduos de incineração e o próprio processo de fabrico do poliestireno expansível.

É de referir que os valores dos indicadores são superiores para a categoria ecotoxicidade aquática (marinha), quando comparados com a categoria ecotoxicidade aquática (água doce), em ambas as fases do ciclo de vida enunciadas (a fase de produção do material e a fase de deposição em aterro).

Em relação à categoria depleção abiótica a contribuição predominante está associada à fase de produção do poliestireno. O poliestireno expansível tem origem na extracção de petróleo e faz uso de gás natural.

Em relação à categoria aquecimento global a contribuição predominante está associada à produção de poliestireno expandido. Durante esta fase são emitidos gases como o dióxido de carbono e o metano, resultantes do processo de fabrico do poliestireno expansível.

Em relação à categoria oxidação fotoquímica a contribuição predominante está associada à produção do poliestireno expandido. Nesta fase são emitidos gases como o pentano, o dióxido de enxofre, o metano e o monóxido de carbono, resultantes do processo de termo-moldagem do poliestireno e do processo de fabrico do poliestireno expansível.

No que refere aos resultados obtidos na etapa de Caracterização para o aglomerado de cortiça expandida, constata-se que durante o seu ciclo de vida contribui para dez categorias de impacte, nomeadamente a depleção abiótica, a acidificação, a eutrofização, o aquecimento global, a depleção da camada de ozono, a toxicidade humana, a ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce), a ecotoxicidade terrestre e a oxidação fotoquímica.

Durante a etapa de Normalização constata-se que das categorias referidas, as que apresentam uma contribuição predominante são a ecotoxicidade aquática (marinha), seguida das categorias de ecotoxicidade aquática (água doce) e depleção abiótica.

Em relação à ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce) a contribuição predominante está associada à produção do aglomerado de cortiça expandida. Durante esta fase são emitidos metais como o berílio, o níquel, o cobalto, o selénio e o vanádio. Estas emissões estão associadas a processos de deposição em aterro de resíduos de lenhite e resíduos da extracção mineira de carvão e de resíduos contendo enxofre.

É de referir que os valores dos indicadores são superiores na categoria ecotoxicidade aquática (marinha), quando comparados com a categoria ecotoxicidade aquática (água doce).

Em relação à categoria depleção abiótica a contribuição predominante está associada à produção do material, uma vez que nesta fase é extraído do solo a hulha (carvão mineral) e é produzido gás natural. A hulha é utilizada na produção de energia eléctrica, enquanto que o gás natural é utilizado no processo de fabrico de resinas que são usadas na aglomeração dos grânulos de cortiça, dando origem às placas de cortiça expandida.

Conclui-se que os resultados obtidos durante a etapa de Normalização variam, como seria de esperar, conforme a análise considera como escala geográfica de referência, a Europa ou o Mundo. Em anexo (Anexo 4) são incluídos os resultados da etapa de normalização para o poliestireno expandido, utilizando respectivamente a escala Mundo e Europa.

Conclui-se que, embora o número de categorias de impacte seja idêntico nos dois casos e, ambos os casos apresentem como categorias preponderantes a ecotoxicidade marinha e a depleção abiótica, os valores de contribuição relativos de cada categoria de impacte são superiores quando é utilizada escala Europeia. Estes valores explicam-

se pelo facto de ao ser utilizada uma escala geográfica Europeia, estar a ser restringida a zona de influência dos impactes ambientais, quando comparada com uma escala geográfica Mundial, afectando portanto uma zona mais restrita.

Por último, poderá concluir-se sobre a influência nos resultados da inclusão ou exclusão das emissões com efeito ao longo de uma escala temporal alargada (*long-term emissions*). Estas emissões são libertadas aquando das opções de tratamento de fim de vida dos materiais, nomeadamente durante a deposição em aterro^[47]. Verifica-se que a inclusão das emissões de longa duração tem como consequência um aumento do indicador da categoria ecotoxicidade aquática (marinha). Isto deve-se às lixiviações decorrentes dos resíduos que se encontram depositados em aterro. Incluindo as emissões com efeito de longa duração a análise é feita para uma escala temporal superior a cem anos, sendo expectável que a categoria de impacte ecotoxicidade aquática (marinha) apresente um valor superior, quando comparada com a situação em que os efeitos dessas emissões não se fazem sentir. Os resultados permitem concluir que o valor do indicador para a ecotoxicidade marinha quando são excluídas as emissões com efeito de longa duração, representa 15 % do valor do indicador quando são incluídas essas emissões.

Em anexo (Anexo 4 e Anexo 5) são apresentados os resultados para análise incluindo ou excluindo as emissões com efeitos de longa duração.

5.2. COMPARAÇÃO DOS DESEMPENHOS AMBIENTAIS DOS MATERIAIS

Para comparar os desempenhos ambientais dos dois materiais de isolamento, parte-se de pressupostos comuns, como, por exemplo, a escala geográfica e temporal - Europa Ocidental (1995), a metodologia - *CML baseline 2000*, a inclusão na análise das infraestruturas dos vários processos e as emissões de longa duração temporal (*long-term emissions*), devidas, essencialmente, à deposição destes materiais em aterro, no final dos seus tempos de vida espectáveis.

Conclui-se que para a etapa de Caracterização, para a mesma unidade funcional (0,04 m³ de placa), o aglomerado de cortiça expandida apresenta sete categorias (acidificação, a eutrofização, o aquecimento global, a toxicidade humana, a ecotoxicidade aquática (água doce), a ecotoxicidade aquática (marinha) e a ecotoxicidade terrestre) com valores mais elevados do que o poliestireno expandido. Este apresenta valores de indicadores mais elevados que a cortiça expandida para apenas duas categorias de impacte, isto é, a deplecção abiótica e a oxidação fotoquímica.

Em relação à etapa de Normalização conclui-se que para o poliestireno expandido as três maiores contribuições estão associadas às categorias de ecotoxicidade aquática (marinha), deplecção abiótica e aquecimento global. Já para o ciclo de vida do aglomerado de cortiça expandida, as três maiores contribuições estão associadas à ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce) e à deplecção abiótica.

Conclui-se ainda que, para a maioria das categorias de impacte indicadas (excluindo a deplecção abiótica e a oxidação fotoquímica), os valores de contribuição para impacte

são superiores para o aglomerado de cortiça expandida, quando comparados aos valores para o poliestireno expandido.

Embora com algumas restrições que advêm do facto de que a avaliação dos impactes ambientais não foram realizadas até à etapa de Ponderação, o que permitiria tecer conclusões mais bem fundamentadas sobre uma comparação do impacte ambiental entre os dois materiais, tenta-se aqui ilustrar algumas conclusões possíveis. Salienta-se que o facto de não se ter concretizado a etapa de Ponderação está relacionado com o facto de a Regra de Categoria do Produto para os materiais de construção sugerir a avaliação recorrendo à metodologia de avaliação de impacte CML 2 baseline 2000. Esta metodologia não contempla a Ponderação. Conclui-se que, dado que o aglomerado de cortiça expandida apresenta, comparativamente, valores superiores para a maioria das categorias de impacte, será de esperar que o impacte deste material seja superior ao impacte ambiental calculado para o poliestireno expandido.

O melhor desempenho do poliestireno pode ser compreendido se forem tidos em consideração dois aspectos. Um está relacionado com a diferente massa das placas. O outro com a distância associada ao transporte dos materiais até ao local da obra. Conclui-se que para a produção da unidade funcional (0,04 m³ de placa) são necessários 1,2 kg de poliestireno. Este valor é inferior à massa necessária de cortiça (4,8 kg). Devido à menor massa de poliestireno estima-se que os impactes ambientais associados também o serão.

Por outro lado, para o transporte dos materiais de isolamento até ao local de obra conclui-se que o valor usado no SimaPro para a cortiça 2,56 tkm ((4,8/1000)*534) é muito superior ao do poliestireno que é de 0,442 tkm ((1,2/1000)*368). Como no caso do poliestireno, se transporta uma menor massa de placa num trajecto mais curto, é prever que o impacte associado aos transportes também seja inferior para o poliestireno. Estes dois factores conduzem a um menor valor para o impacte ambiental do poliestireno comparado com a cortiça expandida.

5.3. AVALIAÇÃO AMBIENTAL PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO

Em relação à declaração do produto disponível na bibliografia consultada, a análise foi conduzida partindo de alguns pressupostos. A avaliação é realizada para a escala geográfica (Europa Ocidental para o ano de 2005) e são incluídas na análise as actividades de produção do poliestireno expansível, de transporte até à indústria expansora, de fabrico do poliestireno expandido e o seu transporte até ao cliente/utilizador. São excluídas as fases de produção de filme de polietileno usado para embalagem, a aplicação do material em obra, a manutenção ao longo de seu tempo de vida, o desmantelamento e a fase de opções de fim de vida.

Em anexo (Anexo 2) são incluídos os pressupostos e considerações tomadas no trabalho disponível na bibliografia.

Em relação à avaliação realizada no âmbito deste trabalho, a análise foi conduzida considerando a escala geográfica Mundo para o ano de 1995. Os processos avaliados incluem a produção do poliestireno expansível, o seu transporte até à indústria expansora, o fabrico do poliestireno expandido, a produção de filme plástico para

embalagem do material, o seu transporte até ao cliente/utilizador e o tratamento de fim de vida do material (deposição em aterro). São excluídas algumas actividades relacionadas com a aplicação do material em obra, manutenção ao longo de seu tempo de vida e o desmantelamento.

Apesar das diferenças associadas à escala geográfica e processos analisados poderá concluir-se que a comparação é apenas possível para 3 das categorias de impacte, isto é, o aquecimento global, a depleção da camada de ozono e a oxidação fotoquímica.

Constata-se que apesar da declaração ambiental de produto elaborada neste trabalho considerar mais fases do ciclo de vida, o que levaria a prever que as contribuições relativas de cada categoria para o impacte ambiental fossem superiores, tal não acontece. Pelo contrário, verifica-se que para as categorias de impacte para as quais é possível retirar algumas conclusões, nomeadamente o aquecimento global e a oxidação fotoquímica, a declaração ambiental de produto disponível na bibliografia (que considera menos fases do ciclo de vida), apresenta valores de contribuição para o impacte superiores. Esta situação deverá ocorrer devido ao facto da declaração considerar uma escala geográfica mais restrita (Europa), comparativamente aos dados da declaração ambiental de produto elaborada neste trabalho (Mundo). Este facto está na base dos valores superiores verificados para cada categoria de impacte na declaração ambiental existente na bibliografia consultada.

Constata-se que para o aquecimento global, o valor do indicador é da mesma ordem de grandeza, sendo de 6,84 kg CO₂ eq. (para declaração ambiental de produto da bibliografia) e de 5,07 kg CO₂ eq. (para a avaliação ambiental elaborada neste estudo).

Em relação à depleção da camada de ozono o indicador é nulo para a declaração ambiental de produto da bibliografia e é de $1,45 \cdot 10^{-7}$ kg CFC11 para a declaração ambiental de produto elaborada neste estudo. Finalmente, para a categoria de impacte oxidação fotoquímica o indicador é de 0,0264 kg C₂H₄ eq. (para a declaração ambiental de produto da bibliografia) e 0,01 kg C₂H₄ eq. (para a declaração ambiental de produto elaborada neste estudo).

Em relação às limitações da análise realizada salienta-se que as bases de dados utilizadas no estudo ACV dos dois materiais de isolamento representam valores médios para processos que se sabe não traduzirem integralmente a realidade dos processos de fabrico do poliestireno e da cortiça praticados, respectivamente nas indústrias Plastimar e Amorim Isolamentos. Outras limitações estão associadas às fronteiras geográficas e pressupostos considerados na análise.

Não são consideradas neste estudo todas as fases dos ciclos de vida destes materiais. São aqui excluídas, por falta de informação em tempo útil, as fases de aplicação do material na obra, manutenção ao longo do seu tempo de vida e o desmantelamento.

Os materiais de isolamento estudados (o poliestireno expandido e a cortiça expandida), são aplicados em obra juntamente com um conjunto de materiais (argamassas, colas, redes de fibra de vidro, revestimentos cerâmicos decorativos, entre outros) que não considerados na análise efectuada. Desconhece-se, portanto, como estes processos poderão influenciar os resultados obtidos. Mas seria importante a sua inclusão.

Uma outra limitação diz respeito à ausência de informação ambiental associada à incineração e deposição em aterro das placas de aglomerado de cortiça. Este estudo considera que as placas de cortiça, após o seu tempo de vida, são sujeitas ao mesmo

tipo de tratamentos de fim de vida que as rolhas de cortiça (incineração e deposição em aterro). Por razões de ausência de informação, considera-se que a emissão de carga poluente resulta da deposição das rolhas e não de aglomerado de cortiça. Sabe-se, no entanto, que as colas e resinas são utilizadas na aglomeração dos grânulos para produção de placas de cortiça expandida. Se estes agentes forem tidos em linha de conta, muito provavelmente os impactes ambientais associados às fases de tratamento de fim de vida do aglomerado de cortiça expandida seriam superiores, pois as possíveis emissões e lixiviados que possam resultar dos processos de incineração e de deposição em aterro das rolhas, não entram em linha de conta com elementos como colas ou resinas.

Finalmente, uma outra limitação desta análise, prende-se com o facto de não ter sido feita uma análise de sensibilidade detalhada com vista a avaliar a influência das opções tomadas em relação às metodologias usadas (inclui-se a utilização de vários métodos de avaliação de impactes) ou mesmo aos parâmetros usados na avaliação ambiental (como as várias regiões geográficas possíveis de serem utilizadas) nos resultados obtidos.

5.4. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A avaliação do ciclo de vida é a metodologia mais indicada para avaliar o desempenho ambiental dos materiais utilizados na construção civil, pois possibilita a análise de todas as fases do processo que vão desde a extracção de matérias-primas até ao destino final do material.

Neste estudo de ACV para os dois materiais de isolamento, não foram consideradas as fases de aplicação do material em obra, manutenção ao longo do seu tempo de vida expectável e desmantelamento. Em estudos futuros é recomendável entrar em linha de conta com estas fases do ciclo de vida que não foram consideradas para que a análise seja mais completa e mais aproximada do verificado na prática corrente.

Uma outra recomendação passa pela recolha de informação de dados nacionais, o mais actualizados quanto possível para serem usados na análise.

A extracção de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e outros) é o processo que mais contribui para o impacte na categoria depleção abiótica, na fase de produção de ambos os materiais de isolamento. Se forem utilizadas por exemplo fontes energéticas renováveis (energia hidro-eléctrica, energia solar, energia eólica, entre outras), será possível reduzir o impacte nessa categoria (depleção abiótica).

Uma outra recomendação é que para análises futuras de desempenho ambiental de materiais, utilizando o software SimaPro, se considere uma metodologia de avaliação de impacte (por exemplo a *IMPACT 2002+*) que entre em linha de conta com a etapa de Ponderação. Se for efectuada uma análise comparativa do desempenho ambiental de dois quaisquer materiais, com uma metodologia de avaliação de impacte que contenha a etapa de Ponderação, é possível concluir sem qualquer margem para dúvidas, acerca do material que apresenta o melhor desempenho.

Uma outra recomendação para estudos futuros é que seja feita a avaliação da qualidade da informação (análise de sensibilidade e/ou de incerteza), permitindo assim aumentar o grau de confiança dos resultados obtidos. A análise de sensibilidade pode ser feita por recurso ao SimaPro.

É necessário continuar a estudar e a investigar todas estas metodologias de avaliação de impacte e de sustentabilidade, para que num futuro relativamente próximo se consiga obter um método expedito, fiável e que apresente resultados mais imediatos que permitam avaliar o desempenho dos materiais utilizados na construção civil.

REFERÊNCIAS

- [1] Torgal, F. Pacheco. Dossier Eco-eficiência, Eco-eficiência dos materiais de construção, 2010. Disponível em http://www.apcmc.pt/publicacoes/Revista/Revista_147/img/Dossier_art_tecnico.pdf, acessado em 27 de Outubro de 2010.
- [2] EPD the green yardstick, 2010. Disponível em <http://www.environdec.com/pageld.asp?id=100>, acessado em 27 de Outubro de 2010.
- [3] NP ISO 14025, 2009. ISO 14025:2006 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos. Génèbra, Suíça.
- [4] Declarações ambientais de produto, 2010. Disponível em http://www.startipp.gr/PT_NET/EPD.pdf, acessado em 27 de Outubro de 2010.
- [5] Gestão do Ciclo de Vida, um guia de negócios para a sustentabilidade, 2006. Disponível em www.unep.fr/shared/publications/cdrom/DTIx0889xPA/UNEP%20SETAC%20Life%20Cycle%20Initiative/LCM%20Training%20kit/LCM%20Training%20kit%20in%20Portuguese/03%20LCM%20Training%20Kit%20Portuguese%20PartIII.ppt, acessado em 26 de Outubro de 2010.
- [6] Sousa, Marta M. (2010). Optimização de métodos de escolha de materiais com base no seu desempenho sustentável. Tese de mestrado integrado em Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [7] Life Cycle Assessment of Expanded Polystyrene Packaging Case Study: Packaging system for TV sets (2002). Disponível em <http://www.ecopse.fr/userfiles/file/environnement/ACV-anglais.pdf>, acessado em 3 de Janeiro de 2011.
- [8] Análise de ciclo de vida, Ecodesign: Garantir a qualidade e sustentabilidade dos produtos (2010). Disponível em <http://www.slideshare.net/construcaosustentavel/06-paulo-bessa-amorim-25-mar-2010-ics-3663636>, acessado em 5 de Janeiro de 2011.
- [9] Amorim Isolamentos – Natureza e tecnologia a solução ideal (2009). Disponível em http://www.tcc-sa.pt/joomla/images/stories/isolaacust_termicos/catal_geral_amorimisolam.pdf, acessado a 8 de Fevereiro de 2011.
- [10] Relatório de sustentabilidade – Escolha natural corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A. (2010). Disponível em http://www.amorim.com/xms/files/CorticeiraAmorim/Sustentabilidade/Rel_Sustentabilidade_Amorim_09_1.pdf, acessado a 8 de Fevereiro de 2011.
- [11] Institut bauen und umwelt, 2010. Disponível em www.bau-umwelt.com, acessado em 27 de Outubro de 2010.
- [12] Cotto San Michele, 1905. Disponível em <http://www.cottosanmichele.it/index.php/component/properties/properties/search/1-marche.html?cyid=1%3Aitalia>, acessado em 26 de Outubro de 2010.
- [13] KB BLOK, Dokonalý stavební systém, 1991. Disponível em <http://www.kb-blok.cz/en/>, acessado em 27 de Outubro de 2010.
- [14] SINTEF-Byggforsk, 1950. Disponível em <http://www.sintef.no/byggforsk/>, acessado em 28 de Outubro de 2010.

- [15] maxit-Leca, 2004. Disponível em <http://www.maxitleca.co.uk/>, acessado em 26 de Outubro de 2010.
- [16] Ostfoldforskning, 1988. Disponível em <http://www.ostfoldforskning.no/home.aspx>, acessado em 29 de Outubro de 2010.
- [17] ISO/ TC 59/ SC 17, 2004. Building and constructed assets – Sustainability in building constructions – Environmental declaration of building products. Oslo, Noruega.
- [18] Declaração ambiental de produto para a espuma de poliestireno expandido Greypor, LAPE S.r.l. (2007). Disponível em <http://www.environdec.com/reg/epde30e.pdf>, acessado a 16 de Janeiro de 2011.
- [19] SOPSEC- Sociedade de prestação de serviços de engenharia civil, S.A., 1988. Disponível em www.sopsec.pt, acessado em 26 de Novembro de 2010.
- [20] Materiais para o isolamento - José Vitória arquitectura, 2007. Disponível em <http://www.vitoria.com.pt/node/361>, acessado em 19 de Dezembro de 2010.
- [21] Ficha técnica do sistema weber.therm, 2009. Disponível em http://www.weber.com.pt/fileadmin/user_upload/weber_guide/revestimento_e_renovacao_de_fachadas/product/document/Ficha_Tecnica_sistema_weber.therm_2009.pdf, acessado 26 de Novembro de 2010.
- [22] ACEPE - Associação industrial do Poliestireno expandido, 2010. Disponível em <http://www.acepe.pt/acepe.asp>, acessado em 26 de Novembro de 2010.
- [23] Product category rules – Insulation materials, NPCR 012 (2007). Disponível em <http://www.thegreenstandard.org/documents/PCRsforinsulationEuropeanVersion2.pdf>, acessado em 18 de Dezembro de 2010.
- [24] O Esferovite (EPS), 2010. Disponível em <http://www.esferovite.com/mesfvit.htm>, acessado a 10 de Dezembro de 2010.
- [25] Alberta Polystyrene production options, 2000. Disponível em http://www.energy.alberta.ca/Petrochemical/pdfs/Alberta_Polystyrene_Production_Options.pdf, acessado a 8 de Dezembro de 2010.
- [26] Processos da indústria química, documento em pdf, 2010. Disponível em http://www.dq.fct.unl.pt/alunos/equimica/Downloads/Projecto/fpq2001_transporte.PDF, acessado a 8 de Dezembro de 2010.
- [27] Poliestireno expandido, documento em pdf, 2010. Disponível em <http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/POLIESTIRENO%20EXPANDIDO.pdf>, acessado a 10 de Dezembro de 2010.
- [28] RETRIA – Gestão e tratamento de resíduos de construção e demolição (RC&D). Disponível em <http://www.retria.pt/>, acessado a 24 de Janeiro de 2011.
- [29] JMR – Gestão de resíduos (1967). Disponível em <http://www.jmrresiduos.com/>, acessado a 24 de Janeiro de 2011.
- [30] ACEPE, 2010. O EPS E O MEIO AMBIENTE. Catálogo sobre o EPS.
- [31] Grupo Amorim, 1870. Disponível em http://www.amorim.com/cor_glob_cortica.php, acessado em 14 de Fevereiro de 2011.
- [32] FIBROSOM (2011). Disponível em <http://www.fibrosom.com/index.php?pag=monofolhas&cod=10&text=isolamento-com-aglomerado-negro-de-cortica>, acessado a 15 de Janeiro de 2011.
- [33] PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA (ICB) NO ISOLAMENTO TÉRMICO DE EDIFÍCIOS (2011). Disponível em

http://www.sofalca.pt/SOFALCA_port/aplicacoes.htm, acessido a 15 de Janeiro de 2011.

[34] Amorim isolamentos, S.A. (2010). Ficha técnica do aglomerado de cortiça expandida (ICB - Insulation Cork Board). Portugal.

[35] Cork: properties, capabilities and applications, 2005. Disponível em <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4005/1/0105.pdf>, acessido em 29 de Novembro de 2010.

[36] A cortiça como material de construção – manual técnico, 2006. Disponível em <http://www.realcork.org/userfiles/File/Caderno%20Tecnico%20F%20PT.pdf>, acessido em 29 de Novembro de 2010.

[37] LNB CAR – Carmo Benta, lda. (2005). Disponível em <http://www.lnbcar.com/>, acessido a 24 de Janeiro de 2011.

[38] EGEO (2010). Disponível em <http://www.egeo.pt/>, acessido a 24 de Janeiro de 2011.

[39] NP EN ISO 14040, 2008. ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento. Génèbra, Suíça.

[40] The green house – Strategy technology capacity for sustainability (2011). Disponível em <http://www.tgh.co.za/simapro.html>, acessido a 18 de Janeiro de 2011.

[41] “Pré” – Product ecology consultants (2011). Disponível em http://www.pre.nl/simapro/inventory_databases.htm, acessido a 18 de Janeiro de 2011.

[42] SimaPro 7 – Database Manual, Methods library (2008). Disponível em <http://www.pre.nl/download/manuals/DatabaseManualMethods.pdf>, acessido a 18 de Janeiro de 2011.

[43] Europacific Transport (2011). Disponível em <http://epac-transport.com/en/transport/309-vehicles>, acessido a 13 de Janeiro de 2011.

[44] Decreto-Lei nº 99/2005 de 21 de Junho. Disponível em <http://dre.pt/pdf1s/2005/06/117A00/38813887.pdf>, acessido a 17 de Janeiro de 2011.

[45] Silva, Rui P. (2009). Avaliação do ciclo de vida da rolha de cortiça natural. Tese de mestrado em Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[46] Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods – ecoinvent report No. 3 (2007). Disponível em http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/03_LCIA-Implementation.pdf, acessido a 15 de Fevereiro de 2011.

[47] Ecoinvent Database Methodology - Special LCA forum, December 5, 2003. Disponível em http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/presentation_papers/Frischknecht_DF_eng.pdf, acessido a 9 de Fevereiro de 2011.

ANEXO 1 – CONTEÚDOS DAS DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE DIFERENTES MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Tabela A.1. Compilação de informação disponível nas declarações ambientais de produtos de materiais utilizados na construção civil. Na coluna das RCP, é definido para cada documento a organização que o elabora: I.B.U. (“Institut Bauen und Umwelt”. Disponível em www.bau-umwelt.com), S.B. (“Syntef Byggforsk”. Disponível em <http://www.sintef.no/byggforsk/>) e “The international EPD® system” (Disponível em <http://www.environdec.com/>). Surgem ainda na tabela as siglas: O.I. (“Østfold Institut”. Disponível em <http://www.ostfoldforskning.no/home.aspx>) e C.S.M. (“Cotto San Michele”. Disponível em <http://www.cottosanmichele.it/>)

Função	RCP	Materiais	Conteúdos da declaração ambiental de produto		
			<i>Informação de base; Definição do produto e/ou empresa</i>	<i>Matérias-primas; Fabrico do produto; Processamento do produto; Uso do produto por parte do utilizador; Efeitos não previsíveis; Fim de vida do produto</i>	<i>Avaliação do ciclo de vida; Informação adicional; Verificação de conformidade; Referências</i>
Banheira/ Saneamento	Instalações sanitárias e chuveiros feitos de metal ou plástico, I.B.U.	Banheiras e bases de chuveiro feitas de aço esmaltado	<p><u>Informação de base:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação da organização que elabora a declaração • Identificação do proprietário da declaração (empresa fabricante do produto), morada • Número de modelo do produto • Nome do produto • Descrição da declaração do produto (produto declarado segundo a ISO 14025 e a RCP respectiva) • Período de validade da declaração • Conteúdo da declaração • Data de realização da EPD • Sobre o EPD (EPDs de operadores de programas diferentes não são comparáveis) • Assinatura (presidente do instituto que elabora a declaração) • Verificação da declaração (assinaturas dos responsáveis) • Âmbito (função do material/objectivos de utilização) 	<p><u>Matérias-primas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Matérias-primas (componentes % em peso) • Aditivos/Recursos adicionais • Material explicativo (qualidade dos materiais, resistências, origem das matérias-primas (países)) • Disponibilidade regional das matérias-primas <p><u>Fabrico do produto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Processo de fabrico (todo o processo, sub-processos, fases, etapas) • Embalagens (descrição da sua constituição: caixas de papelão, paletes de madeira, fitas e filmes plásticos) • Saúde e segurança na produção • Protecção ambiental na produção (verificação dos níveis de ruído, controle da poluição, filtragem de poeiras, controle e monitorização dos limites de emissão, tratamento das 	<p><u>Avaliação do ciclo de vida:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Unidade [u]: <ul style="list-style-type: none"> - Unidade declarada (I.B.U., O.I.) - Unidade funcional (S.B., maxit-Leca, C.S.M.) - Unidade de referência (Kb-Blok) • Limites do sistema (fronteiras - apresentação de um esquema): <ul style="list-style-type: none"> - Componentes de entrada (produção e transporte de matérias primas e componentes) - Transporte (incluído ou não) - Construção - Uso e manutenção - Eliminação - Política de alocação - Incertezas (%) - Âmbito dos dados em percentagem (média) - Materiais com dados específicos (%) - Cut-off (%) • Critérios de exclusão • Transportes
Revestimentos Arquitectónicos	Revestimentos com ligantes orgânicos, I.B.U. (aplicáveis a tintas, vernizes, lacas, primers, enchimentos, adesivos e gessos)	HD Wahl GmbH - superfícies de fachada de alumínio e aço (Duraflon)			
Adesivos de dispersão_Primers	Dispersão adesivos e primers, I.B.U. [colagem de revestimentos de pavimentos de todos os tipos (têxteis, PVC, outros)]	Adesivos para revestimentos de pavimentos de habitações			
Materiais de isolamento	Materiais isolantes minerais, I.B.U. (isolamentos de lã mineral, lã de vidro, vidro de espuma)	Lã de vidro; lã de rocha; painéis de espuma de vidro; isolantes térmicos de silicato de cálcio			

	<p>Material de madeira, I.B.U.</p>	<p>Painéis de madeira para isolamento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores ambientais (resultado final da ACV) <ul style="list-style-type: none"> - Aquecimento global (kg CO₂ equiv.) - Consumo de energia (MJ) - Quantidade de materiais renováveis (%) - Energias renováveis (%) - Materiais reciclados (%) - Classificação do ar interior (classificação de acordo com a CR 1752:1999) • Informação sobre fornecedores dos materiais <p><i>Nota: Os dados acima referidos surgem como introdutórios, resumidos e inseridos num quadro.</i></p> <p><u>Definição do produto e/ou empresa:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Definição do produto • Norma do produto/Admissão (DIN EN...) • Garantia de qualidade • Geométrica/dados físicos (dimensões, formas geométricas, capacidades volumétricas, densidades, espessuras, condutividades térmicas, limites de temperatura, pesos, áreas) • Protecção contra incêndios • Informações gerais do produto (tempo de vida expectável, ano do estudo, área de produção, área de mercado, contactos) • A empresa (certificada pela ISO 9001 (gestão da qualidade)) • Outras informações específicas da empresa (empresa certificada 	<p>aguas residuais antes de chegarem a rede de esgotos públicos, supervisão da higiene das estações de tratamento)</p> <p><u>Processamento do produto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Recomendações para a sua instalação (instruções de instalação, recomendações de segurança, isolamento acústico, protecções sonoras) • Segurança e saúde no trabalho (luvas e calçados apropriados, protecções sonoras) • Protecção ambiental (existente ou inexistente) • Embalagens (descrição da sua constituição: caixas de papelão, paletes de madeira, fitas e filmes plásticos) • Resíduos a recolher (embalagens) <p><u>Uso do produto:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Modo de utilização • Cuidados de manutenção • Elementos químicos que o produto possui • Efeitos da sua utilização no ambiente • Garantia do produto (resistência, durabilidade) <p><u>Efeitos não previsíveis:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Efeitos que têm que ver com as características do produto (inflamável ou não, temperatura de fusão, outras) • Inundações • Destrução mecânica do material 	<ul style="list-style-type: none"> • Informação da base de dados • Programa informático (Gabi 4, SimaPro, outros) • Qualidade dos dados • Fluxos de referência <ul style="list-style-type: none"> • Resultados da ACV: <ul style="list-style-type: none"> - Consumo de recursos energéticos renováveis (MJ/[u] ou MJ) - Consumo de recursos energéticos não renováveis (MJ/[u] ou MJ) - Consumo de recursos materiais renováveis (kg/[u] ou kg) - Consumo de recursos materiais não renováveis (kg/[u] ou kg) - Consumo de água - Uso de terreno - Emissões para o ar (CO₂, CO, NO_x, SO₂, CH₄, partículas, outros) - Emissões específicas com efeitos na saúde humana [emissões em climas interiores (NH₃, substâncias carcinogénicas, outras), emissões de substâncias perigosas em situações de incêndio, substâncias perigosas a partir do material] - Emissões para a água (COD, fósforo, azoto, ferro, chumbo, níquel, outros) - Resíduos (kg/[u] ou kg; reutilização/reciclagem, produção energética, resíduo para aterro, resíduo para incineração, resíduo perigoso) - Uso de químicos - Resultados AICV (categorias de impacto: potencial de aquecimento global (kg CO₂ equiv.), potencial de depleção da camada de ozono (kg R11 equiv.), potencial de eutrofização (kg PO₄ equiv.), potencial de acidificação (kg SO₂ equiv.), potencial de criação de ozono fotoquímico (kg
	<p>Material de isolamento Espumas plásticas, I.B.U. (esferovite, outros)</p>	<p>Poliestireno extrudido (XPS); poliestireno expandido (EPS) para paredes e telhados; poliestireno expandido (EPS) para tectos e pisos; poliuretano pré-fabricado; selante elástico</p>			
	<p>Madeira-cimento, I.B.U.</p>	<p>Painéis decorativos de revestimento de fachadas (placas de madeira-cimento)</p>			
	<p>Porebeton, I.B.U. (betão leve)</p>	<p>Xella - mineral Multipor (betão leve)</p>			
<p>Revestimento de pavimentos</p>	<p>Material de madeira, I.B.U.</p>	<p>Pisos laminados de madeira</p>			
	<p>Revestimentos têxteis, laminados e resilientes, I.B.U.</p>	<p>Material de revestimento têxteis (carpetes, lâ, alcatifas), laminados (madeira) e resilientes (plástico, linóleo, cortiça ou borracha)</p>			
<p>Telhados</p>	<p>Telhas, I.B.U.</p>	<p>Azulejo; barro; placas cerâmicas; fibra de cimento; madeira-cimento; membranas plásticas para impermeabilização de coberturas</p>			
	<p>Cerâmica, I.B.U.</p>				
	<p>Fibra de cimento, I.B.U.</p>				
	<p>Madeira-cimento, I.B.U.</p>				
	<p>Azulejos, I.B.U.</p>				

	Membranas mecânicas fixas para impermeabilização de coberturas, S.B.		com a ISO 14001) <ul style="list-style-type: none"> • Ficha técnica do produto: - Redução do ruído de tráfego - Durabilidade da unidade - Resistência ao fogo - Carga específica - Informação adicional sobre a manutenção do produto 	<u>Fim de vida do produto:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Re-utilização (recuperação, reciclagem) • Fusão • Desmantelamento - Informações relativamente ao desmantelamento e reciclagem dos materiais • Eliminação/Aterro • Incineração • Resíduos perigosos 	eteno equiv.)) - Representação da distribuição dos impactes ambientais por cada uma das fases do ciclo de vida [extração de matérias primas, fabrico + embalagem, construção, uso, demolição/eliminação, transporte (berço ao túmulo) ou, extração de recursos, produção, embalagem e transporte (berço ao portão)], em %, num gráfico de barras <ul style="list-style-type: none"> • Informação adicional/Eliminação do produto final <p><u>Informação adicional:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação da ISO 14001 (gestão ambiental) • Aplicação da ISO 9001 (gestão da qualidade) • Objectivos ambientais da empresa (objectivos de melhoria do desempenho ambiental da empresa e da qualidade do produto) • EPD's de operadores de programas diferentes não são comparáveis • Explicações para a ausência de algumas das etapas do ciclo de vida do produto <p><u>Verificação de conformidade:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificador (interno ou externo) • RCP (identificação) • RCP (conforme ou não) • ISO 14040 (conforme ou não) • ISO 14025 (conforme ou não) • ISO 21930 (conforme ou não)
	Construções de barro (tijolos, telhas), 2004:09, The international EPD® system	Telha de barro – Eco Coppo			
Madeiras	Materiais de madeira, I.B.U.	Painéis de madeira maciça; aglomerados de madeira; i-beam; stud ISO3			
	Produtos de madeira, S.B.				
Parede e revestimentos para tectos	Parede de vidro e forro de teto de vidro, I.B.U. (coberturas interiores decorativas de paredes e tectos)	Fios de vidro decorativos de paredes e tectos			
	Placas de construção, S.B.	Placas de madeira, cimento, gesso, fibra, laminadas decorativas de alta pressão, OSB e outras			
	Produtos de madeira, S.B.	Placas de madeira de revestimento exterior, tratadas com tinta acrílica diluída			
Metais para construção	Aços para construção, I.B.U. (construções em aço galvanizado)	Chapas laminadas de aço; tubos de cobre estanhado para encanamento; cobre; zinco; titânio; vigas, colunas ou placas em aço			
	Tubos de metal e conectores para a construção, I.B.U.				

	Metais para construção, I.B.U.				
	Aço como material de construção, S.B. (vigas, colunas ou placas)				
Laminados	Laminados, I.B.U. (camadas de tecido de fibra de celulose, impregnadas com resina)	Laminados para revestimento: CPL (<i>continuously pressed laminates</i>), HPL (<i>high pressure laminates</i>)			
	Placas de construção, S.B.	Painéis de fibra de vidro para revestimento de fachadas exteriores			
Alvenaria [construção de estruturas e de paredes utilizando unidades unidas entre si por <u>argamassa</u> . Estas unidades podem ser blocos (cerâmica, vidro ou betão) ou pedras]	Ziegel, I.B.U. (inclui tijolos, maciços ou perfurados e telhas)	Tijolo; blocos de betão; blocos de vidro; pedra calcária; cimento; blocos Leca			
	Porenbeton, I.B.U. (betão leve)				
	Calcários, I.B.U.				
	Betão leve, I.B.U.				
	Betão (2005:07), The international EPD® system				
	Cimento (2004:01), The international EPD® system	Bloco Leca (maxit)			

	Produtos de construção (2006:02), The international EPD® system	Blocos de betão Kb-BLOK			
Gesso e argamassa	Argamassas minerais, I.B.U.	Gesso mineral; argamassa colante; argamassa seca (sulfato de cálcio); cimento; reboco			
	Cimento (2004:01), The international EPD® system				

ANEXO 2 – PARTE DA DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO GREYPOR DA EMPRESA LAPE (ITALIANA).



DECLARATION OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

This part of the declaration illustrates the main characteristics and results of assessment of the environmental aspects performed with a view to the life cycle, using the LCA method.

METHODOLOGY

The quantification of environmental performance has been made, as foreseen by the “Requisites for Environmental Product Declarations” (MSR 1999:2), using the Life Cycle Assessment (LCA) regulated by the international standards ISO Series 14040. The LCA method enables the environmental impact of a product or service to be determined in terms of the consumption of resources and emissions into the atmosphere, as well as the production of waste during the entire life cycle (“from the cot to the grave”).

The data utilised refers to the production of GREYPOR boards in 2005 and was collected at the LAPE site. The study also used the databank of the Boustead Model² as back-up. The incidence of general data on the final results is less than 0.1%.

As regards the units which the results refer to (functional units) to describe the production of boards of GREYPOR polystyrene foam, the production of 1kg of board has been chosen.

SYSTEM LIMITS AND MAIN HYPOTHESES

The production systems taken into consideration for the purposes of this study were all assessed starting from the production of the raw materials, to include production and transport of the energy vectors and final product, as well as the intermediate transport involved.

The details of the limits of the system are illustrated in the diagram of Figure 1, showing the activities taken into consideration.

² www.boustead-consulting.co.uk

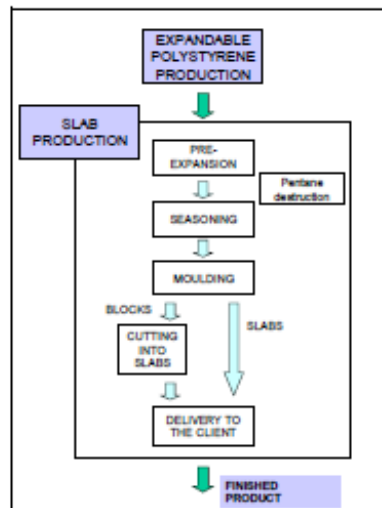


Figure 1 – General diagram of the production process for GREYPOR boards.

As regards some specific aspects, the following working hypotheses can be identified immediately:

- in the case of the production and use of materials all phases starting from the extraction of the raw materials from the ground up to production and use have been included in the system;
- as regards the heat destruction of pentane emissions the absence of heat regeneration is emphasised;
- in the case of transport, the study considered all the transport needed for the provisioning of semi-finished goods and consumable materials as well as the in-house handling and delivery phases;
- the activities and use of utilities and auxiliary materials (heating, lighting, consumable materials etc) are included within the system limits in proportion to the volume of production;
- the delivery mode refers to an average distance within Italy where the product is distributed.

As regards the relevant energy mix, the following observations may be made:

- for the raw materials the European average mix was considered;
- for the production process the data relative to the Italian energy mix was used.

ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

In conformity with the EPD system rules, below the environmental performance relative to a kilo of GREYPOR board is shown, divided into information about the natural resources consumed (energetic and otherwise) and the emission of pollutant substances into the environment as well as the production of waste.

Table 1 – Total consumption of resources associated with the production of GREYPOR slabs.

Consumption of resources		Data per kilo of board			
		Production of raw materials	Board production	Total	
With energy content [data in MJ]	Total renewable ³	0.1	1.3	1.4	
	Non renewable	Petroleum	37.8	5.5	43.3
		Gas	49.7	33.3	83.0
		Other	1.1	2.6	3.7
	Total ⁴	88.6	41.4	130.0	
	Of which electricity (LAPE)	-	3.68	3.68	
Without energy content [data in g]	Total renewable	-	-	-	
	Total non renewable	6.6	5.2	11.8	
	Water	184,700	15,200	199,900	

In relation to the emission of pollutant substances, the EPD system requires that these are presented in an “aggregate” manner with assessment according to the criteria and prescriptions present in the system rules (MSR), of the indicators referring to various types of environmental impact.

The results of this classification are shown in Table 2 below.

³ Includes hydroelectric, wood, biomass, regenerated, geo-thermic, solar, sea, and waste energy.

⁴ The product has potentially available feedstock energy at the end of its life of 51.1 MJ/kg.

Table 2 – Potential contribution of the production process of GREYPOR boards to principal environmental effects.

Indicator	Unit of measure	Data per kilo of board		
		Production of raw materials	Production of boards	Total
Global warming Potential	[kg CO ₂]	2.8	2.9	5.7
Acidification Potential	[mol H ⁺]	0.58	0.36	0.94
Eutrophication Potential	[g O ₂]	74.4	42.6	117.0
Ozone Depletion Potential	[g CFC11]	0	0	0
Photochemical Ozone Creation Potential	[g C ₂ H ₄]	2.6	19.4	22.0

Another important datum relative to the description of environmental impact of the system is connected with the production of waste. In this sense, Table 3 shows the overall waste produced in relation to the manufacture of the GREYPOR slabs.

Table 3 – Total production of waste by the system

Indicator	Data in g per kilo of board		
	Production of raw materials	Production of boards	Total
Non hazardous waste	38.6	80.7	119.3
Hazardous waste	1.0	1.8	2.8
TOTAL WASTE	39.6	82.5	122.1

PHASES OF USE AND LIFE SPAN

As regards the phases of use and lifespan of the product the following observations may be made:

- the technical performance of the material is essentially connected with its thermal resistivity which is described by means of the parameters presented in Table 4;
- at the moment the information available on the lifespan of polystyrene suggests that its useful life coincides with that of the structure it is used in. In fact tests performed 50 after application have shown no substantial changes in its properties;
- at the end of its lifespan, the material can be sent for recycling (in less noble products) or for thermal valorisation so as to recover the feedstock energy contained in it (almost 50 MJ/kg).

ANEXO 3 - CÁLCULO DA UNIDADE FUNCIONAL PARA OS MATERIAIS DE ISOLAMENTO

Fórmula disponível na Regra de categoria de produto para os materiais de isolamento, usada para o cálculo da Unidade funcional (FU) ^[23].

$$FU = DU = R \cdot \lambda \cdot \rho \cdot A \text{ [kg]}$$

Em que:

$$R = (\text{espessura}/\lambda) \text{ [m}^2\text{K/W]};$$

$$\lambda \text{ (condutividade térmica) [W/mK]};$$

$$\rho \text{ (massa volúmica) [kg/m}^3\text{]};$$

$$A \text{ (área) = 1 m}^2$$

ANEXO 4 – RESULTADOS DA ETAPA DE NORMALIZAÇÃO PARA O CICLO DE VIDA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

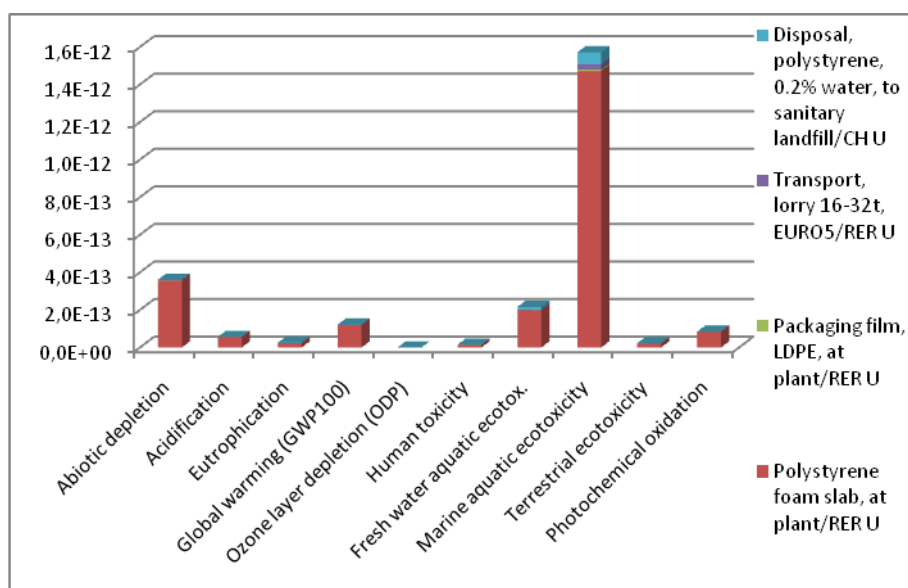


Figura A.4.1: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia *CML 2 baseline 2000*, para a região geográfica Mundo em 1995.

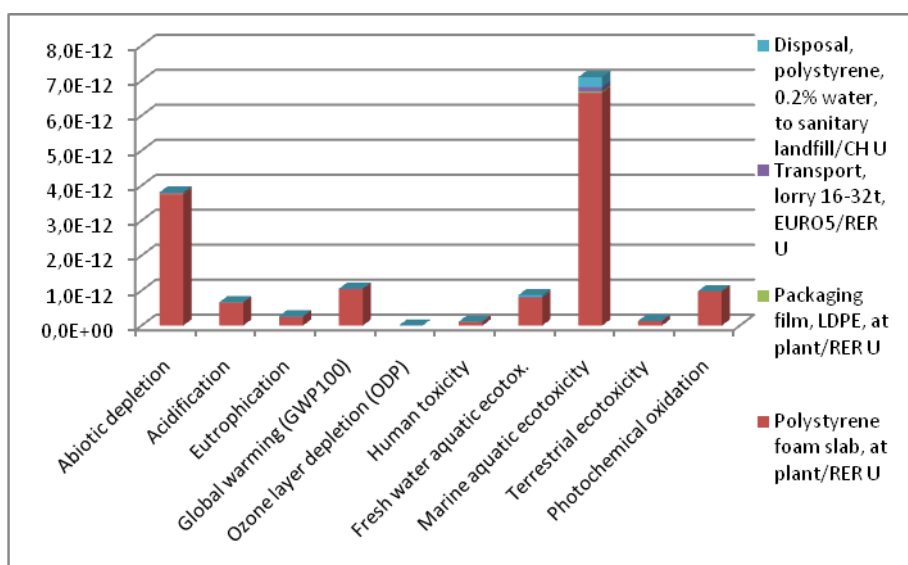


Figura A.4.2: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia *CML 2 baseline 2000* para a região geográfica Europa Ocidental em 1995.

ANEXO 5 - RESULTADOS DA ETAPA DE NORMALIZAÇÃO PARA O CICLO DE VIDA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

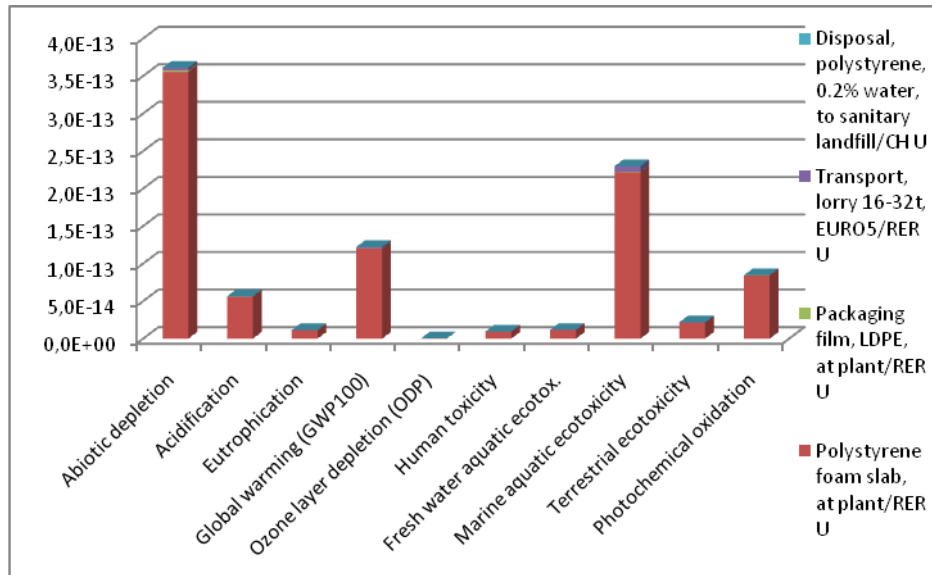


Figura A.5.1: Resultados da etapa de Normalização para o poliestireno expandido, utilizando a metodologia *CML 2 baseline 2000* para a região geográfica Mundo em 1995, excluindo as emissões com efeito de longo prazo.

ANEXO 6 – DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO ELABORADA PARA O POLIESTIRENO EXPANDIDO

Poliestireno expandido moldado



Descrição do produto

PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

O poliestireno expandido é um material rígido e celular, moldado e constituído por aglomerados de grânulos, que se pode apresentar nas mais variadas formas. O poliestireno expandido para além de ser um excelente isolante térmico, pode também ser utilizado como material para construção. As placas deste material são utilizadas na construção civil, por exemplo, para isolamento de paredes, pelo interior, pelo exterior ou em parede dupla.

O revestimento exterior de fachadas de edifícios com poliestireno expandido, é feito com placas deste material, coladas ou preferencialmente pregadas e, revestidas com rebocos sintéticos, armados com rede em fibra de vidro. Os rebocos sintéticos são constituídos por argamassas de revestimento e revestimentos decorativos cerâmicos (weber.therm pro, weber.therm flex, weber.ibo, weber.plast decor e weber.plast gran).

Este tipo de revestimento exterior com poliestireno expandido encontra-se implementado no nosso mercado e tem como característica a eliminação de qualquer ponto térmico (ponto onde possa ocorrer trocas de calor (entrada ou saída de calor)).

Este sistema é utilizado em novas construções, revestindo alvenarias em tijolo (evitando paredes duplas) ou em reabilitação de fachadas de edifícios.

A utilização do poliestireno expandido, como elemento construtivo, em edifícios, permite melhorar o rendimento energético dos mesmos, melhorando consequentemente o seu comportamento face ao meio ambiente.

Estudos efectuados, evidenciam uma redução de cerca de 25 % na factura energética dos edifícios, com a utilização deste tipo de material de isolamento.

VANTAGENS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

O poliestireno expandido apresenta as vantagens listadas em seguida:

- Baixa condutibilidade térmica (possui uma estrutura de células fechadas, cheias de ar, que dificultam a passagem de calor, conferindo ao EPS um grande poder isolante)
- Leve (as suas densidades variam entre os 10 e os 30 kg/m³, reduzindo substancialmente o peso das construções)
- Elevada resistência mecânica
- Baixa absorção de água e insensibilidade à humidade (garantindo as suas características térmicas e mecânicas)
- Fácil manuseamento e colocação, quimicamente resistente (sendo compatível com a maior parte dos materiais usados na construção de edifícios, tais como cimento, gesso, cal, água e outros)
- Resistente ao envelhecimento (todas as suas propriedades mantêm-se inalteradas ao longo do seu tempo de vida, não apodrece, não ganha bolor, não liberta substâncias para o ambiente e não constitui substrato para o desenvolvimento de microrganismos)

PROCESSO DE FABRICO

- 1) Obtenção de etileno por craqueamento da nafta, a uma temperatura de aproximadamente 700 °C.
- 2) Obtenção de benzeno por um processo de conversão da nafta em hidrocarbonetos aromáticos (reformação). Este processo ocorre a uma temperatura entre 425 e 530 °C.
- 3) Formação de um composto com etileno e benzeno, o etil-benzeno, que por desidrogenação dá origem ao monómero de estireno.
- 4) Produção de poliestireno expansível (areão de poliestireno) a partir da polimerização do estireno. A polimerização ocorre por adição de água e de um agente expensor (pentano) ao monómero de estireno.

5) Produção de poliestireno expandido que ocorre em três etapas:

Pré-expansão: Nesta etapa, o vapor de água e o pentano (agente expensor), promovem o aumento do volume dos areões de poliestireno expansível em cerca de 40 a 50 vezes, dando origem a um granulado de poliestireno expandido.

Estabilização intercalar: Nesta etapa, o granulado de poliestireno expandido é estabilizado, em silos. Durante a estabilização, o granulado arrefece e cria uma depressão no interior das suas células. O espaço dentro das células é preenchido por ar circundante, eliminando integralmente o pentano existente no seu interior.

Moldagem final: Nesta etapa, os granulados pré-expandidos e estabilizados, são inseridos num molde e submetidos novamente a vapor de água. Os granulados sofrem nova expansão e fundem-se uns com os outros, dando origem a uma espuma rígida que adquire a forma do molde escolhido. Finalmente a espuma rígida formada, após estabilização, é cortada em placas.

COMPOSIÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

Tabela I: Composição do poliestireno expandido

Componente	%
Poliestireno	2
Ar	98

TRATAMENTOS DE FIM DE VIDA

Tabela II: Tratamentos de fim de vida do poliestireno expandido

Tipo de tratamento	%
Reciclagem mecânica	98
Deposição em aterro	2

Desempenho ambiental

FUNÇÃO DO MATERIAL

Material de isolamento exterior de fachadas (térmico e acústico).

UNIDADE FUNCIONAL

O revestimento da 1m² de fachada com placa de isolamento ^[*], com uma espessura que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1 e, com um tempo de vida expectável de 60 anos.

^[*] **Nota:** Para revestir 1m² de fachada são usadas duas placas com uma área lateral de 1x0,5 m (as placas são fornecidas ao cliente com as dimensões referidas), colocadas lado a lado.

FRONTEIRAS DO SISTEMA

As fronteiras do sistema incluem (figura I):

- A produção do areão de poliestireno expansível, por polimerização de uma suspensão de benzeno e etileno.
- O transporte do areão até à indústria expansora (Plastimar, S.A.).
- A produção de poliestireno expandido moldado (placas):
 - Pré-expansão;
 - Estabilização;
 - Moldagem.
- A produção de filme de polietileno de baixa densidade, para embalar as placas de poliestireno expandido.
- O transporte das placas de poliestireno expandido até ao distribuidor (weber Saint-Gobain, Portugal).
- O transporte das placas desde o distribuidor até ao local de obra (Escola Secundária de Rio Tinto (Gondomar))
- O tratamento de fim de vida dos resíduos de placas de poliestireno expandido:
 - Deposição em aterro

PRESSUPOSTOS/LIMITAÇÕES

- Dados de inventário recolhidos a partir de bases de dados existentes no SimaPro 7.2, que não contêm informações específicas das indústrias.
- Estudo ACV que não abrange as fases de “aplicação do material em obra”, “manutenção” e “desmantelamento”, por falta de informação disponível.
- Bases de dados seleccionadas consideradas como representativas da realidade do processo de fabrico do poliestireno expandido na indústria Plastimar, S.A.

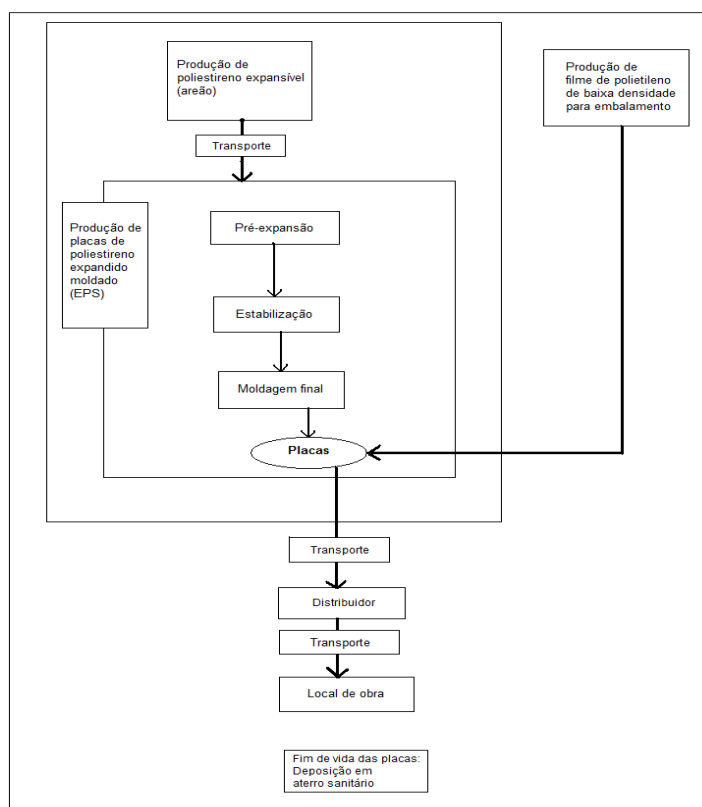


Figura I: Fronteiras do sistema para o estudo de desempenho ambiental do poliestireno expandido.

INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Para a etapa de inventário de ciclo de vida, são usadas bases de dados existentes no software SimaPro 7.2. Cada uma dessas bases de dados é acompanhada de um valor de referência (tabela III).

Tabela III: Bases de dados e respectivos valores de referência para a etapa de inventário de ciclo de vida.

Fase do ciclo de vida	Base de dados	Valor de referência
Produção de poliestireno expandido	Polystyrene foam slab, at plant/RER U	1,2 kg
Produção de filme plástico para embalagem	Packaging film, LDPE, at plant/RER U	0,0087 kg
Transporte até ao local de obra	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RER U	0,442 tkm
Deposição em aterro	Disposal, polystyrene, 0,2% water, to sanitary landfill/CH U	0,024 kg

Nota: As listas de inventário apresentadas no SimaPro 7.2, referentes ao consumo de recursos (materiais e energéticos), emissões (para a água, ar ou solo) e resíduos, são extensas. Por este motivo não são inseridas neste documento.

AVALIAÇÃO DE IMPACTE DO CICLO DE VIDA

Método de avaliação de impacte

CML 2 baseline 2000

Etapa de caracterização

Categorias de impacte: Depleção da camada de ozono (ODP), toxicidade humana, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha), ecotoxicidade terrestre, oxidação fotoquímica, aquecimento global (GWP100), acidificação, depleção abiótica, eutrofização.

Resultados da etapa de caracterização

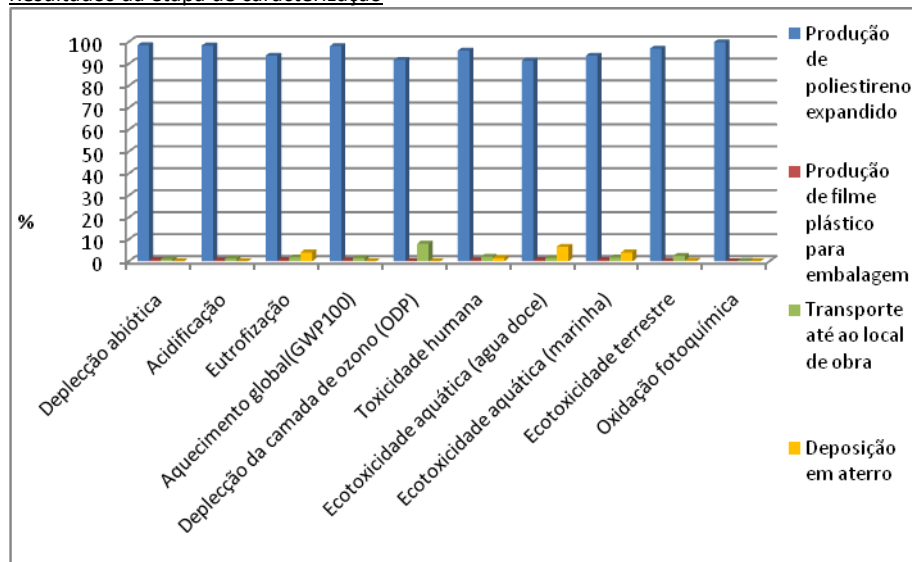


Figura II: Representação gráfica dos resultados da etapa de caracterização para cada categoria de impacte.

Interpretação da etapa de caracterização

- A fase de produção do poliestireno expandido tem uma contribuição predominante para o impacte ambiental total. Isto é válido para todas as categorias de impacte.
- A fase de transporte apresenta contribuições para impacte ambiental em nove categorias, excluindo a oxidação fotoquímica.
- A fase de deposição em aterro apresenta contribuições para impacte ambiental em quatro categorias de impacte, designadamente a eutrofização, a toxicidade humana e a ecotoxicidade aquática (marinha) e a ecotoxicidade aquática (água doce).
- Verifica-se ainda que a fase com menor expressão para o impacte total, na etapa de caracterização do ciclo de vida do poliestireno expandido é a produção de filme plástico para embalagem do material.

Etapa de normalização

Nesta etapa as categorias de impacte apresentam valores adimensionais.

Cada resultado não normalizado da etapa de caracterização é dividido pelo respectivo factor de normalização.

Resultados da etapa de normalização

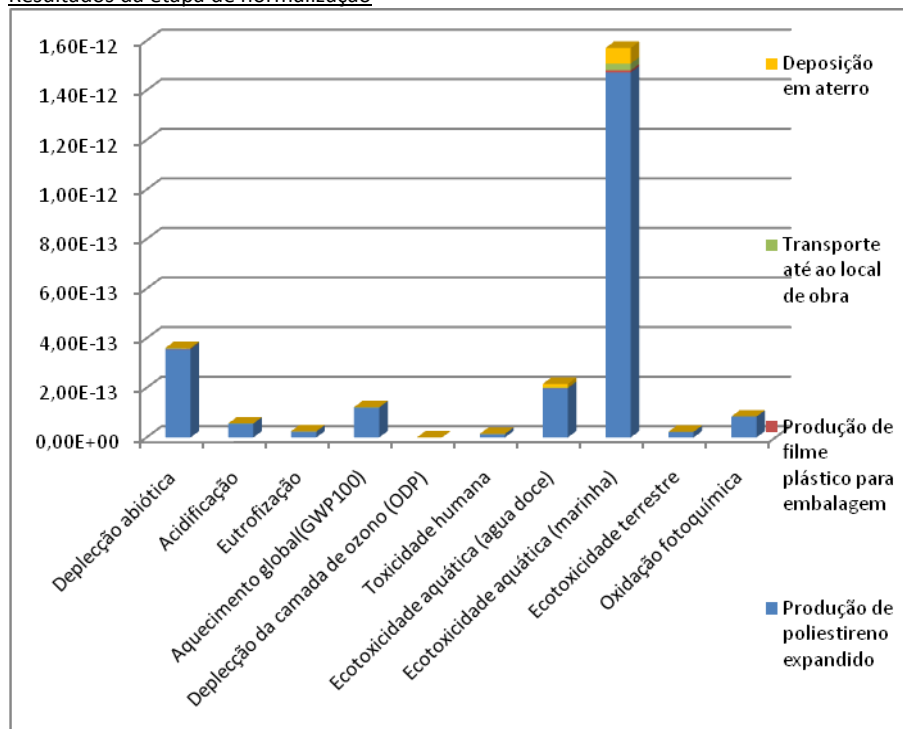


Figura III: Representação gráfica dos resultados da etapa de normalização para cada categoria de impacte.

Interpretação da etapa de normalização

- Na fase de produção do poliestireno expandido, as maiores contribuições para os impactes encontram-se nas categorias:
 - “Depleção abiótica” (relacionada com a extracção de minerais e combustíveis fósseis)
 - “Ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce)” (indica os efeitos tóxicos provocados em organismos existentes no meio hídrico, devido à emissão de elementos poluentes para esse meio)
 - “Aquecimento global” (impacte resultante da emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera)
- Na fase de deposição em aterro do poliestireno expandido, a maior contribuição para o impacte encontra-se na categoria:
 - “Ecotoxicidade aquática (marinha e de água doce)”
- A fase de transporte até ao local de obra tem uma pequena contribuição na categoria ecotoxicidade aquática (marinha)
- A fase de produção de filme plástico para embalagem não tem uma contribuição considerável para o impacte ambiental total e daí não se apresentar visível no gráfico da figura III.

Informação adicional e referências

DESEMPENHO TÉCNICO DO PRODUTO

Tabela IV: Propriedades retiradas da ficha técnica do poliestireno expandido moldado ^[3]. A negrito é indicado qual o objecto de estudo deste trabalho (placa com 40 mm de espessura) respeitando o imposto pela Regra de Categoria do Produto (Uma espessura de placa que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1) ^[4]

Tipologia das Placas de poliestireno expandido moldado	PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	EPS
Produto classificado de acordo com a norma EN 13163, disponível em placas planas de 1,0 x 0,5 m, sem encaixe, com espessuras de:	Massa volúmica ($\pm 10\%$)		kg/m ³	20
	Condutibilidade térmica	EN 12667	W/m °C	0,036
	Resistência à compressão (deformação 10 %)	EN 826	kPa	100
	Absorção de água por imersão	EN 12087	%	<2
	Resistência á difusão do vapor de água	EN 12086	μ	30-70
	Classe de reacção ao fogo	EN 13501-1		E
	Coefficiente de dilatação térmica linear		°C ⁻¹	5-7x10 ⁻⁵

Volume de análise (segundo o critério da unidade funcional):

0,04 m³ (2 placas (1 x 0,5 x 0,04 m))

REQUISITOS ESPECÍFICOS

- Aplicação da NP ISO 14025, 2009. ISO 14025:2006 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos.
- Aplicação da NP EN ISO 14040, 2008. ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento.
- Aplicação da Regra de categoria de produto – Materiais de isolamento, NPCR 012 (2007), do instituto Syntef Byggforsk.
- O software SimaPro 7.2

DATA DE REALIZAÇÃO DO DOCUMENTO

- 31 de Janeiro de 2011

REFERÊNCIAS

[1] NP ISO 14025, 2009. ISO 14025:2006 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos. Genebra, Suíça.

[2] NP EN ISO 14040, 2008. ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento. Genebra, Suíça.

[3] Ficha técnica do sistema weber.therm, 2009. Disponível em http://www.weber.com.pt/fileadmin/user_upload/weber_guide/revestimento_e_renovacao_de_fachadas/product/document/Ficha_Tecnica_sist_ema_weber.therm_2009.pdf, acedido 26 de Novembro de 2010.

[4] Product category rules – Insulation materials, NPCR 012 (2007). Disponível em <http://www.thegreenstandard.org/documents/PCRsforinsulationEuropeanVersion2.pdf>, acedido em 18 de Dezembro de 2010.

[5] SimaPro 7 – Database Manual, Methods library (2008). Disponível em <http://www.pre.nl/download/manuals/DatabaseManualMethods.pdf>, acedido a 18 de Janeiro de 2011.

[6] Software SimaPro 7.2

GLOSSÁRIO

EPD: Environmental product declaration (Declaração ambiental de produto).

ACV: Avaliação de ciclo de vida.

Depleção dos recursos abióticos: A categoria de impacto tem em conta a protecção do bem estar humano, a saúde humana e a saúde dos ecossistemas.

Este indicador de categoria de impacto relaciona-se com a extracção de minerais e combustíveis fósseis, que são fluxos de entrada do sistema.

O factor de depleção abiótica (ADF) é determinado para cada extracção de minerais e combustíveis fósseis (kg de antimónio equivalentes / extracção em kg), com base nas reservas (de minerais e combustíveis fósseis) existentes e na taxa depleção^[5].

Aquecimento global: Com as alterações climáticas podem resultar em efeitos adversos para a saúde humana, saúde dos ecossistemas e bem estar material.

Estas alterações estão relacionadas com as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

O factor de aquecimento global é determinado em (kg de CO₂ / kg de emissão) e, corresponde a um potencial de aquecimento global para um horizonte temporal de 100 anos (GWP 100)^[5].

Depleção do ozono estratosférico: Existe uma fracção de radiação UV que atinge a superfície terrestre, devido à destruição da camada de ozono estratosférico.

Tal situação tem efeitos nocivos na saúde humana, saúde animal, nos ecossistemas terrestres e aquáticos, nos ciclos bioquímicos e nos materiais.

Esta categoria de impacto está relacionada com fluxos de saída à escala global e, é desenvolvida pela Organização meteorológica mundial.

A categoria é determinada em (kg de CFC-11 equivalente / kg de emissão) e, corresponde ao potencial de diferentes gases para reduzirem a camada de ozono estratosférico^[5].

Toxicidade humana: Esta categoria diz respeito aos efeitos de substâncias tóxicas no ambiente humano.

Não estão incluídos os riscos na saúde, resultantes da exposição ao ambiente de trabalho.

O factor de caracterização, “potencial de toxicidade humana” (HTP), é calculado com USES-LCA, descrevendo o destino, exposição e efeitos de substâncias tóxicas, para um horizonte de tempo infinito.

Para cada substância tóxica, o HTP é expresso em (1,4-diclorobenzeno equivalentes / kg de emissão)^[5].

Ecotoxicidade aquática (água doce e marinha) e ecotoxicidade terrestre: A ecotoxicidade aquática (água doce) reflecte o impacto nos ecossistemas de água doce, como resultado de emissões de substâncias tóxicas para o ar, água e solo.

O potencial de ecotoxicidade (FAETP) é calculado com USES-LCA, descrevendo o destino, exposição e efeitos de substâncias tóxicas, para um horizonte de tempo infinito.

O factor de caracterização é expresso em (1,4-diclorobenzeno equivalentes / kg de emissão).

A ecotoxicidade marinha refere os impactes de substâncias tóxicas nos ecossistemas marinhos.

A ecotoxicidade terrestre refere os impactes de substâncias tóxicas nos ecossistemas terrestres^[5].

Oxidação fotoquímica: A formação de foto-oxidantes traduz a formação de substâncias reactivas (principalmente o ozono), que são prejudiciais para os ecossistemas e para a saúde humana e, podem prejudicar as culturas. Este fenómeno é normalmente designado de “smog de verão”.

O potencial de criação de ozono fotoquímico (POCP) para a emissão de substâncias para a atmosfera, é expresso em (kg de etileno equivalentes / kg de emissão)^[5].

Acidificação: As substâncias acidificantes são responsáveis por uma variedade de impactes sobre o solo, águas subterrâneas, águas superficiais, organismos, ecossistemas e materiais (edifícios).

O potencial de acidificação (AP) das emissões para a atmosfera, é calculado com o modelo RAINS 10, descrevendo o destino e a deposição das substâncias acidificantes.

O AP é expresso em (kg de SO₂ equivalentes / kg de emissão)^[5].

Eutrofização: A eutrofização inclui todos os impactes devido a níveis excessivos de macronutrientes no ambiente, causados pelas emissões destes nutrientes para a água, ar e solo.

O potencial de eutrofização é expresso em (kg de PO₄ equivalentes / kg de emissão).

O destino e a exposição não se encontram incluídos^[5].

Etapa de normalização: A normalização é considerada como opcional para uma ACV simplificada, mas obrigatória para uma ACV detalhada.

Para cada indicador de base, os scores de normalização são calculadas para as situações de referência: o mundo em 1990, Europa em 1995 e Holanda em 1997.

Os dados para a normalização são descritos no relatório:

Huijbregts et al Avaliação de ciclo de vida, dados de normalização para os Países Baixos (1997/1998), Europa Ocidental (1995) e o Mundo (1990 e 1995).

O resultado normalizado para uma dada categoria de impacto e região, obtém-se dividindo cada um dos resultados de impacto na categoria impacto (determinados na etapa de caracterização), pelo respectivo factor de normalização^[5].

**ANEXO 7 – DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO ELABORADA PARA O
AGLOMERADO DE CORTIÇA EXPANDIDA**

Agglomerado de cortiça expandida



Descrição do produto

PLACAS DE CORTIÇA EXPANDIDA

A cortiça é um produto natural e renovável, extraído da camada suberosa do sobreiro (*Quercus Suber L*), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos.

O sobreiro é uma árvore única cujo habitat natural é a bacia ocidental do Mediterrâneo.

Os aglomerados de cortiça expandida, são utilizados na construção civil em, por exemplo, isolamentos térmicos, acústicos e antivibráticos, de paredes exteriores (fachadas - capoto), de telhados e sótãos, de paredes com caixa de ar no seu interior, entre outros.

O revestimento ou reabilitação exterior de fachadas de edifícios com aglomerado de cortiça expandida, é feito com placas deste material. As placas são coladas (com massa adesiva ou cola) ou preferencialmente pregadas, numa fachada que foi limpa e regularizada. As placas são colocadas com as juntas comprimidas.

Nas placas é aplicado um reboco fino/cola (1ª camada), é colocada uma armadura de fibra de vidro e é aplicado novo reboco fino/cola (2ª camada). No fim é colocado ou não (opcional) um revestimento decorativo.

A utilização da cortiça expandida como elemento construtivo, em edifícios, permite melhorar o rendimento energético dos mesmos, melhorando consequentemente o seu comportamento face ao meio ambiente.

Estudos efectuados, evidenciam uma redução de cerca de 25 % na factura energética dos edifícios, com a utilização deste tipo de material de isolamento.

VANTAGENS DA CORTIÇA EXPANDIDA

A cortiça expandida apresenta as vantagens listadas em seguida:

- Matéria-prima (cortiça natural) renovável
- Material natural e biodegradável
- Impermeável a líquidos e gases
- Leve (densidade aproximadamente de 0,2)
- Apresenta a mais baixa condutibilidade térmica entre os materiais resistentes ao fogo
- Resistente à penetração de humidade
- Elástico e compressível (readquire a forma inicial após sofrer uma pressão)
- Excelente isolante (térmico, acústico e vibrático)
- Resistente ao desgaste (resistência ao atrito devido ao seu elevado coeficiente de fricção)
- Não absorve poeiras (evita alergias)
- Quimicamente inerte
- Inócuo para a saúde
- Não liberta gases tóxicos quando em combustão
- Resistente à combustão (retardador da progressão de incêndios)
- Material não poluente
- Protector da floresta e promotor do florestamento de áreas afectadas por risco de desertificação.

PROCESSO DE FABRICO

1) A falca juntamente com o refugo, com o rebusco e outros, são empilhados, armazenados e colocados em lotes (loteamento), para promover a secagem e estabilização. Esta fase dura cerca de 9 meses.

2) A matéria-prima é triturada e são eliminadas as impurezas. O granulado obtido é ensilado e seco até se obter um teor de humidade ideal para a cozedura.

3) A cozedura do granulado em auto clave (molde), ocorre a uma temperatura de 300 a 370 °C. O processo de cozedura promove a aglomeração dos grânulos cortiça, que ocorre devido à exsudação das resinas para a superfície dos mesmos. A suberina é o principal agente aglomerante.

4) O aglomerado formado é arrefecido (a uma temperatura de 100 °C) para secagem e estabilização.

5) As placas de aglomerado de cortiça expandida são cortadas e as suas faces polidas.

COMPOSIÇÃO DA CORTIÇA EXPANDIDA

Tabela I: Composição da cortiça expandida

Componente	%
Suberina	45
Lenhina	27
Polissacáridos	12
Taninos	6
Ceróides	5

TRATAMENTOS DE FIM DE VIDA

Tabela II: Tratamentos de fim de vida da cortiça expandida

Tipo de tratamento	%
Reciclagem mecânica/Reutilização	86
Valorização energética (incineração)	9
Deposição em aterro	5

Desempenho ambiental

FUNÇÃO DO MATERIAL

Material de isolamento exterior de fachadas (térmico e acústico).

UNIDADE FUNCIONAL

O revestimento da 1m² de fachada com placa de isolamento ^[*], com uma espessura que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1 e, com um tempo de vida expectável de 60 anos.

^[*] **Nota:** Para revestir 1m² de fachada são usadas duas placas com uma área lateral de 1x0,5 m (as placas são fornecidas ao cliente com as dimensões referidas), colocadas lado a lado.

FRONTEIRAS DO SISTEMA

As fronteiras do sistema incluem (figura I):

- A extração da cortiça do sobreiro (transporte dos trabalhadores para a floresta, extração manual e, transporte da cortiça para a beira da estrada).
- O transporte da cortiça até à indústria aglomeradora (Amorim Isolamentos, S.A.).
- A produção de aglomerado de cortiça expandida (placas):
 - Secagem (falca + rebusco + refugo);
 - Trituração;
 - Cozedura em auto clave;
 - Arrefecimento.
- A produção de filme de polietileno de baixa densidade, para embalar as placas de cortiça expandida.
- O transporte das placas desde a Amorim Isolamentos, S.A. até ao local de obra (Escola Secundária de Rio Tinto (Gondomar)).
- Os tratamentos de fim de vida dos resíduos de cortiça expandida:
 - Valorização energética (incineração)
 - Deposição em aterro

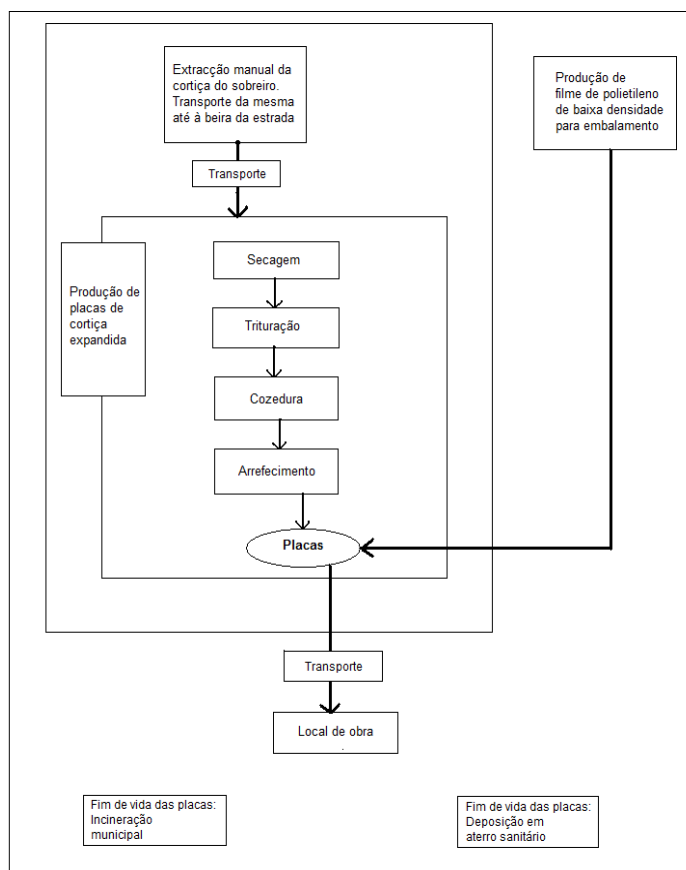


Figura I: Fronteiras do sistema para o estudo de desempenho ambiental da cortiça expandida.

PRESSUPOSTOS/LIMITAÇÕES

- Dados de inventário recolhidos a partir de bases de dados existentes no SimaPro 7.2, que não contêm informações específicas das indústrias.
- Estudo ACV que não abrange as fases de “aplicação do material em obra”, “manutenção” e “desmantelamento”, por falta de informação disponível.
- Bases de dados seleccionadas consideradas como representativas da realidade do processo de fabrico da cortiça expandida na indústria Amorim Isolamentos, S.A.

INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA

Para a etapa de inventário de ciclo de vida, são usadas bases de dados/inputs existentes no software SimaPro 7.2. Cada uma dessas bases de dados é acompanhada de um valor de referência (tabela III).

Tabela III: Bases de dados/Inputs e respectivos valores de referência para a etapa de inventário de ciclo de vida.

Fase do ciclo de vida	Base de dados/Input	Valor de referência
Produção de cortiça expandida	Cork slab, at plant/RER U	4,8 kg
Produção de filme plástico para embalagem	Packaging film, LDPE, at plant/RER U	0,014 kg
Transporte até ao local de obra	Transport, lorry 7.5-16t, EURO5/RER U	2,56 tkm
Valorização energética (incineração)	CO ₂ (high. pop.)	1,09 kg
	wood ashes	0,02 kg
Deposição em aterro	CO ₂ (low. pop.)	0,0037 kg
	CH ₄ (low. pop.)	0,0015 kg
	wood waste	0,24 kg

Nota: As listas de inventário apresentadas no SimaPro 7.2, referentes ao consumo de recursos (materiais e energéticos), emissões (para a água, ar ou solo) e resíduos, são extensas. Por este motivo não são inseridas neste documento.

AVALIAÇÃO DE IMPACTE DO CICLO DE VIDA

Método de avaliação de impacte

CML 2 baseline 2000

Etapa de caracterização

Categorias de impacte: Depleção da camada de ozono (ODP), toxicidade humana, ecotoxicidade aquática (água doce), ecotoxicidade aquática (marinha), ecotoxicidade terrestre, oxidação fotoquímica, aquecimento global (GWP100), acidificação, depleção abiótica, eutrofização.

Resultados da etapa de caracterização

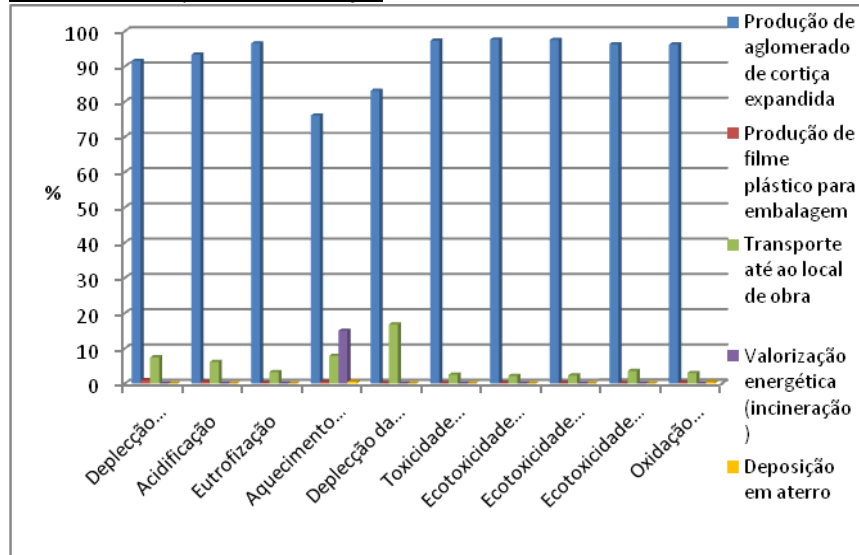


Figura II: Representação gráfica dos resultados da etapa de caracterização para cada categoria de impacte.

Interpretação da etapa de caracterização

- A fase de produção da cortiça expandida tem uma contribuição predominante para o impacte ambiental total. Isto é válido para todas as categorias de impacte.
- A fase de transporte também apresenta impactes ambientais em todas as categorias, tal como a fase de produção do material, contudo com contribuições mais reduzidas.
- A fase de produção de plástico para embalagem da cortiça expandida, apresenta contribuições em três categorias de impacte, designadamente a depleção abiótica, a acidificação e o aquecimento global. Essas contribuições são muito reduzidas.
- A fase de incineração da cortiça expandida contribui apenas para o impacte ambiental na categoria aquecimento global.
- Verifica-se ainda que a fase de deposição em aterro é a menos preponderante para o impacte ambiental total do ciclo de vida da cortiça expandida.

Etapa de normalização

Nesta etapa as categorias de impacte apresentam valores adimensionais.

Cada resultado não normalizado da etapa de caracterização é dividido pelo respectivo factor de normalização.

Resultados da etapa de normalização

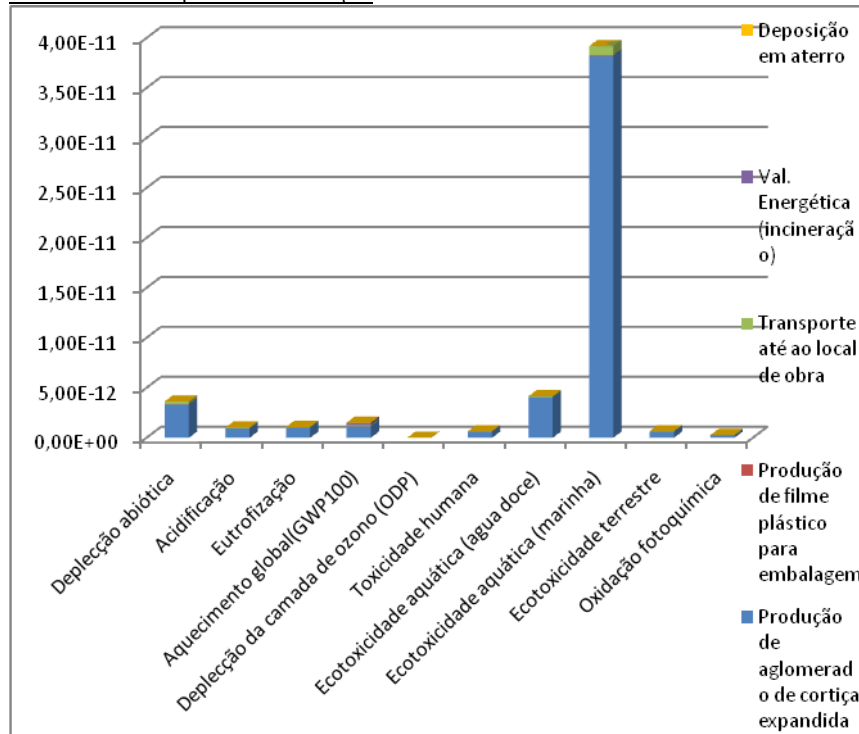


Figura III: Representação gráfica dos resultados da etapa de normalização para cada categoria de impacte.

Interpretação da etapa de normalização

- Na fase de produção da cortiça expandida, as maiores contribuições para o impacte total, encontram-se nas categorias:
 - “Depleção abiótica” (relacionada com a extracção de minerais e combustíveis fósseis)
 - Ecotoxicidade aquática (água doce) e ecotoxicidade aquática (marinha), sendo maior a contribuição para o impacte total nesta última categoria. A categoria de impacte ecotoxicidade aquática, indica os efeitos tóxicos provocados em organismos existentes no meio hídrico, devido à emissão de elementos poluentes para esse meio.
- A fase de transporte da cortiça expandida até ao local de obra, apresenta uma contribuição para o impacte na categoria ecotoxicidade aquática (marinha)
- As restantes fases do ciclo de vida da cortiça expandida (produção de filme plástico para embalagem e tratamentos de fim de vida do material), não tem uma contribuição considerável para o impacte total e daí não se apresentarem visíveis no gráfico da Figura III.

Informação adicional e referências

DESEMPENHO TÉCNICO DO PRODUTO

Tabela IV: Propriedades retiradas da ficha técnica do aglomerado de cortiça expandida [3]. A negrito é indicado qual o objecto de estudo deste trabalho (placa com 40 mm de espessura) respeitando o imposto pela Regra de Categoria do Produto (Uma espessura de placa que permita obter uma resistência térmica (R) igual a 1) [4]

CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO	VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	NORMA	VALORES LIMITE/TOLERÂNCIAS	CLASSE
	ESPESSURA (mm)	$R_T (m^2 \cdot ^\circ C/W)$				
• Condutibilidade térmica de 0,036 a 0,040 W/m °C	10	0,25	Comprimento	NP EN 822	1000 ± 5 mm	L2
	20	0,50	Largura	NP EN 822	500 ± 3 mm	W2
• Isolamento natural e ecológico	30	0,75	Espessura	NP EN 823	(20 a 50 mm) ± 1 mm	T1
	40	1,00	Esquadria	NP EN 824	(55 a 160 mm) ± 2 mm ≤ 2 mm	T2 ...
• Bom comportamento ao fogo/ não liberta gases tóxicos			Planeza	NP EN 825	≤ 2 mm	...
• Reciclável	50	1,25				...
• Não atacado por roedores	60	1,50	Massa volúmica aparente	NP EN 1602	≤ 130 kg/m ³	...
	70	1,75	Coefficiente de condutibilidade térmica	EN 12667	≤ 0,040 W/m.K (λ_D)	...
	80	2,00	Rigidez dinâmica (por 50 mm de espessura)	EN 29052-1	≤ 126 MN/m ³	SD126
	90	2,25	Resistência à flexão	NP EN 12089	≥ 130 kPa	...
	100	2,50	Resistência à compressão (10% deformação)	NP EN 826	≥ 90 kPa	CS(10)90
	110	2,75	Resistência à tracção perpendicular às faces	NP EN 1607	≥ 50 kPa	TR50
	120	3,00	Teor de água	EN 12105	≤ 8%	...
	130	3,25	Absorção de água	NP EN 1609	≤ 0,5 kg/m ²	WS
	140	3,50	Reacção ao fogo	EN ISO 11925-1	≤ 150 mm (h)	Euroclasse E
	150	3,75				

Volume de análise (segundo o critério da unidade funcional):

0,04 m³ (2 placas (1 x 0,5 x 0,04 m))

REQUISITOS ESPECÍFICOS

- Aplicação da NP ISO 14025, 2009. ISO 14025:2006 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos.
- Aplicação da NP EN ISO 14040, 2008. ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento.
- Aplicação da Regra de categoria de produto – Materiais de isolamento, NPCR 012 (2007), do instituto Syntef Byggforsk.
- O software SimaPro 7.2

DATA DE REALIZAÇÃO DO DOCUMENTO

- 2 de Fevereiro de 2011

REFERÊNCIAS

[1] NP ISO 14025, 2009. ISO 14025:2006 – Rótulos e declarações ambientais – Declarações ambientais Tipo III – Princípios e procedimentos. Genebra, Suíça.

[2] NP EN ISO 14040, 2008. ISO 14040:2008 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento. Genebra, Suíça.

[3] Amorim isolamentos, S.A. (2010). Ficha técnica do aglomerado de cortiça expandida (ICB - Insulation Cork Board). Portugal.

[4] Product category rules – Insulation materials, NPCR 012 (2007). Disponível em <http://www.thegreenstandard.org/documents/PCRsforinsulationEuropeanVersion2.pdf>, acedido em 18 de Dezembro de 2010.

[5] SimaPro 7 – Database Manual, Methods library (2008). Disponível em <http://www.pre.nl/download/manuals/DatabaseManualMethods.pdf>, acedido a 18 de Janeiro de 2011.

[6] Software SimaPro 7.2

GLOSSÁRIO

EPD: Environmental product declaration (Declaração ambiental de produto).

ACV: Avaliação de ciclo de vida.

Depleção dos recursos abióticos: A categoria de impacto tem em conta a protecção do bem estar humano, a saúde humana e a saúde dos ecossistemas.

Este indicador de categoria de impacto relaciona-se com a extracção de minerais e combustíveis fósseis, que são fluxos de entrada do sistema.

O factor de depleção abiótica (ADF) é determinado para cada extracção de minerais e combustíveis fósseis (kg de antimónio equivalentes / extracção em kg), com base nas reservas (de minerais e combustíveis fósseis) existentes e na taxa de depleção^[5].

Aquecimento global: Com as alterações climáticas podem resultar em efeitos adversos para a saúde humana, saúde dos ecossistemas e bem estar material.

Estas alterações estão relacionadas com as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

O factor de aquecimento global é determinado em (kg de CO₂ / kg de emissão) e, corresponde a um potencial de aquecimento global para um horizonte temporal de 100 anos (GWP 100)^[5].

Depleção do ozono estratosférico: Existe uma fracção de radiação UV que atinge a superfície terrestre, devido à destruição da camada de ozono estratosférico.

Tal situação tem efeitos nocivos na saúde humana, saúde animal, nos ecossistemas terrestres e aquáticos, nos ciclos bioquímicos e nos materiais.

Esta categoria de impacto está relacionada com fluxos de saída à escala global e, é desenvolvida pela Organização meteorológica mundial.

A categoria é determinada em (kg de CFC-11 equivalente / kg de emissão) e, corresponde ao potencial de diferentes gases para reduzirem a camada de ozono estratosférico^[5].

Toxicidade humana: Esta categoria diz respeito aos efeitos de substâncias tóxicas no ambiente humano.

Não estão incluídos os riscos na saúde, resultantes da exposição ao ambiente de trabalho.

O factor de caracterização, “potencial de toxicidade humana” (HTP), é calculado com USES-LCA, descrevendo o destino, exposição e efeitos de substâncias tóxicas, para um horizonte de tempo infinito.

Para cada substância tóxica, o HTP é expresso em (1,4-diclorobenzeno equivalentes / kg de emissão)^[5].

Ecotoxicidade aquática (água doce e marinha) e ecotoxicidade terrestre: A ecotoxicidade aquática (água doce) reflecte o impacto nos ecossistemas de água doce, como resultado de emissões de substâncias tóxicas para o ar, água e solo.

O potencial de ecotoxicidade (FAETP) é calculado com USES-LCA, descrevendo o destino, exposição e efeitos de substâncias tóxicas, para um horizonte de tempo infinito.

O factor de caracterização é expresso em (1,4-diclorobenzeno equivalentes / kg de emissão).

A ecotoxicidade marinha refere os impactos de substâncias tóxicas nos ecossistemas marinhos.

A ecotoxicidade terrestre refere os impactos de substâncias tóxicas nos ecossistemas terrestres^[5].

Oxidação fotoquímica: A formação de foto-oxidantes traduz a formação de substâncias reactivas (principalmente o ozono), que são prejudiciais para os ecossistemas e para a saúde humana e, podem prejudicar as culturas. Este fenómeno é normalmente designado de “smog de verão”.

O potencial de criação de ozono fotoquímico (POCP) para a emissão de substâncias para a atmosfera, é expresso em (kg de etileno equivalentes / kg de emissão)^[5].

Acidificação: As substâncias acidificantes são responsáveis por uma variedade de impactos sobre o solo, águas subterrâneas, águas superficiais, organismos, ecossistemas e materiais (edifícios).

O potencial de acidificação (AP) das emissões para a atmosfera, é calculado com o modelo RAINS 10, descrevendo o destino e a deposição das substâncias acidificantes.

O AP é expresso em (kg de SO₂ equivalentes / kg de emissão)^[5].

Eutrofização: A eutrofização inclui todos os impactos devido a níveis excessivos de macronutrientes no ambiente, causados pelas emissões destes nutrientes para a água, ar e solo.

O potencial de eutrofização é expresso em (kg de PO₄ equivalentes / kg de emissão).

O destino e a exposição não se encontram incluídos^[5].

Etapa de normalização: A normalização é considerada como opcional para uma ACV simplificada, mas obrigatória para uma ACV detalhada.

Para cada indicador de base, os scores de normalização são calculadas para as situações de referência: o mundo em 1990, Europa em 1995 e Holanda em 1997.

Os dados para a normalização são descritos no relatório:

Huijbregts et al Avaliação de ciclo de vida, dados de normalização para os Países Baixos (1997/1998), Europa Ocidental (1995) e o Mundo (1990 e 1995).

O resultado normalizado para uma dada categoria de impacto e região, obtém-se dividindo cada um dos resultados de impacto na categoria impacto (determinados na etapa de caracterização), pelo respectivo factor de normalização^[5].