



Ana Catarina
Rodrigues Garrido

Avaliação do ciclo de vida de um pavimento flutuante de cortiça



Ana Catarina
Rodrigues Garrido

Avaliação do ciclo de vida de um pavimento flutuante de cortiça

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, Equiparada a Investigadora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e coorientação do Professor Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento.

Dissertação realizada no âmbito do projeto “Pegada de carbono da cortiça: das árvores aos produtos” (PTDC/AGR-FOR/4360/2012) financiado por Fundos FEDER através do COMPETE (FCOMP-01-0124-FEDER027982) e por fundos nacionais através da FCT

Dedico aos meus pais, António e Elsa, e à minha irmã, Joana. Dedico ainda a toda a minha família.

o júri

Presidente

Professora Doutora Maria Isabel da Silva Nunes

Professora Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da
Universidade de Aveiro

Professor Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de
Aveiro

Professor Doutor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento da
Universidade de Aveiro

agradecimentos

À Professora Doutora Ana Cláudia Relvas Vieira Dias, orientadora desta dissertação, por todo o tempo despendido nas reuniões, pela sua presença regular, por todo conhecimento transmitido e sugestões e críticas construtivas.

Ao Professor Luís Manuel Guerreiro Alves Arroja, coorientador desta dissertação, por toda a disponibilidade e transmissão de conhecimento.

À empresa Amorim Revestimentos por toda a sua colaboração ao longo da realização desta dissertação.

À Selma Ribeiro e ao Fernando Sampaio, da empresa Amorim Revestimentos por toda a colaboração, disponibilidade e ajuda ao longo da realização desta dissertação.

Aos meus pais, pelos esforços que sempre fizeram e por me darem as melhores condições de estudo possíveis, pela dedicação, apoio, paciência e confiança, ao longo deste meu percurso académico.

À minha irmã, por me acompanhar, apoiar nos momentos mais difíceis.

À minha família, por serem uma grande parte da minha vida e pelo apoio e preocupação em todos os momentos.

Aos meus amigos em geral, por todo apoio, compreensão, incentivo, paciência, ajuda e amizade ao longo de todo o meu percurso académico, e especialmente ao longo da realização desta dissertação.

palavras-chave

Cortiça, materiais sustentáveis, pavimentos flutuantes, avaliação de ciclo de vida, declaração ambiental de produto.

resumo

A consciencialização ambiental vem assumindo um papel preponderante na construção civil. Nesse sentido, o desenvolvimento de materiais sustentáveis e ecológicos é essencial para a satisfação de fabricantes e consumidores, respeitando diversos requisitos: níveis reduzidos de poluição e toxicidade, durabilidade dos materiais, possibilidade de reutilização e/ou reciclagem, a proveniência das matérias-primas e a possibilidade de contaminação do ar no interior dos edifícios.

As declarações ambientais de produto (DAP) permitem informar o consumidor do desempenho ambiental dos materiais dos produtos. Assim, ao longo de todo o processo de fabrico são registados os consumos de recursos e emissões ambientais e, através da metodologia de avaliação de ciclo de vida, é quantificada a contribuição resultante para impactes ambientais.

Esta dissertação visa analisar os possíveis impactes ambientais no decurso do processo de produção de um pavimento flutuante de cortiça, constituído por cortiça, *High Density Fibreboard* (HDF) e acabamento de superfície, denominado *Artcomfort Floating NPC* e elaborar de um relatório de suporte, que servirá de base para a DAP do pavimento *Artcomfort Floating NPC* do sistema do *Institut Bauen und Umwelt* (IBU).

Esta dissertação inclui um relatório de fundo, para a avaliação do ciclo de vida do pavimento flutuante *Artcomfort Floating NPC* da empresa Amorim Revestimentos, que servirá de base para a elaboração da declaração ambiental de produto (DAP) do mesmo. Para tal, recorreu-se ao *software* SimaPro para análise dos impactes ambientais das várias fases do processo de fabrico do pavimento em estudo, sendo as fases consideradas, a produção da camada base de cortiça aglomerada, camada *backing* de cortiça aglomerada, montagem da sanduiche, placa pintada, placa acabada e corte e embalagem.

A fase que tem maior contribuição para os impactes ambientais do processo de fabrico do produto, em todas as categorias de impacte analisadas, com exceção da depleção dos recursos abióticos sem combustíveis fósseis, foi a fase de montagem da sanduiche.

keywords

Cork, sustainable materials, floating floors, life cycle assessment, environmental product declarations

abstract

Nowadays, environmental awareness is taken an increasing leading role in construction. In this sense, the development of sustainable and environmentally friendly materials is essential to the satisfaction of manufacturers and consumers. These innovative materials should fulfill several requirements: reduced levels of pollution and toxicity, increased durability, ability to be reused and / or recycled. Moreover, care should be taken regarding the origin of the raw materials to avoid the possibility of contamination of the indoor air.

Environmental product declarations (EPD) are used to evaluate buildings at ecological level, allowing the consumer to be informed of material's environmental performance. Thus, during their manufacturing process, Industrial consumptions and environmental emissions are documented, and, through the methodology of the life cycle assessment the contribution to the resulting environmental impacts is quantified.

This thesis aims to analyze the potential environmental impacts during the production of a cork floating floor, with cork, High Density Fibreboard (HDF) and surface finishing process, called Floating Artcomfort NPC and prepare a background report, as a basis for the EPD of the Artcomfort Floating NPC from IBU system.

This dissertation includes a background report for the life cycle assessment of floating floors Artcomfort Floating NPC, commercialized by Amorim Revestimentos. This study aims to serve as the basis for the preparation of the environmental declaration of the product. In order to achieve this purpose, SimaPro software was used for the analysis of the environmental impacts of the various stages of the flooring manufacturing process: the production of agglomerate cork layer, production of backing layer, assembling the sandwich, painted slab, finishing and cutting slab and.

The sandwich assembling stage has the main contribution to all impact categories, except for abiotic depletion of resources without fossil fuels.

Índice

Lista de Tabelas	iii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vii
Termos e definições	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Organização da dissertação	3
2. A cortiça.....	5
2.1. Conteúdos e aplicações.....	5
2.2. A utilização da cortiça na construção.....	7
2.3. O grupo Amorim.....	8
3. Avaliação de ciclo de vida.....	11
3.1. Definição do objetivo e âmbito.....	11
3.1.1. Função e unidade funcional	12
3.1.2. Fronteira do sistema	12
3.2. Inventário do ciclo de vida	12
3.3. Avaliação de impacte do ciclo de vida	13
3.4. Interpretação do ciclo de vida.....	15
3.5. ACV aplicada à cortiça e seus produtos	16
4. Declarações ambientais de produto	19
4.1. Regras de categoria de produto.....	20
4.2. Procedimento para as Declarações Ambientais de Produto.....	21
5. Caso de Estudo: Artcomfort Floating NPC	23
5.1. Informação geral sobre o fabricante.....	23
5.2. Objetivo do estudo.....	24
5.3. Metodologia do estudo.....	24
5.4. Âmbito do estudo.....	25
5.4.1. Unidade funcional	25
5.4.2. Classe de declaração	25
5.4.3. Descrição do produto.....	25
5.4.4. Área de aplicação do produto	27
5.4.5. Fronteiras do sistema.....	28

5.4.5.1.	A1-A3 Etapa do produto.....	29
5.4.5.2.	Produção de eletricidade	30
5.4.5.3.	Certificados de CO ₂	30
5.4.5.4.	Critérios de exclusão das entradas e saídas do processo	30
5.5.	Inventário do ciclo de vida	30
5.5.1.	Recolha de dados e procedimentos de cálculo.....	30
5.5.2.	Dados/ requisitos de qualidade de dados de fundo	31
5.5.3.	Alocação	32
5.5.4.	Dados do inventário para os módulos informativos A1, A2 e A3	32
5.5.5.	Produção de <i>broken</i> no Amorim Florestal e modelação de pré-produtos	32
5.5.6.	Processo de produção do <i>Artcomfort Floating NPC</i>	34
5.5.6.1.	Produção da camada base de cortiça aglomerada	34
5.5.6.2.	Caldeira da Amorim Revestimentos de Oleiros	37
5.5.6.3.	Produção da camada <i>backing</i> de cortiça aglomerada	41
5.5.6.4.	Caldeira da Amorim Revestimentos de Lourosa	45
5.5.6.5.	Montagem das camadas da base, <i>backing</i> e HDF (sanduiche)	47
5.5.6.6.	Produção da placa pintada.....	51
5.5.6.7.	Produção da placa acabada e corte	55
5.5.6.8.	Embalagem.....	58
5.5.6.9.	Transporte interno	60
6.	Análise do inventário de ciclo de vida e impactes estimados.....	61
6.1.	Indicadores para a análise do inventário do ciclo de vida segundo a norma EN 15804.	61
6.1.1.	Indicadores da análise do inventário de ciclo de vida que descrevem o uso de recursos	61
6.1.2.	Indicadores de análise do inventário de ciclo de vida que representam diversas categorias de resíduos	65
6.1.3.	Indicadores da análise do ciclo de vida que representam fluxos de saída de materiais	68
6.2.	Indicadores para estimar os impactes segundo a norma EN 15804.....	70
7.	Interpretação.....	73
8.	Conclusões e trabalho futuro	75
	Bibliografia	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Fator de conversão para massa do <i>Artcomfort Floating NPC</i> (Fonte: Amorim Revestimentos, s.d.).....	25
Tabela 2 - Espessuras dos diferentes componentes do <i>Artcomfort Floating NPC</i>	26
Tabela 3 - Composição média do <i>Artcomfort Floating NPC</i>	27
Tabela 4 - Classificação do <i>Artcomfort Floating NPC</i> segundo a EN 685	27
Tabela 5 – Processo de produção de eletricidade usado.....	30
Tabela 6 - Produção de 1 kg <i>broken</i>	33
Tabela 7 – Consumo de cortiça reutilizada durante o processo de produção de 1 m ² de camada base	35
Tabela 8 - Conjunto de dados dos pré-produtos utilizados no processo de produção de 1 m ² de camada base.....	35
Tabela 9 - Energia utilizada na produção de 1 m ² de camada base.....	36
Tabela 10 - Produção de resíduos na produção de 1 m ² de camada base	37
Tabela 11 – Combustíveis usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça	38
Tabela 12 - Energia usada na caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça	38
Tabela 13 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de pó de cortiça na caldeira	39
Tabela 14 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de gás natural no arranque da caldeira	40
Tabela 15 - Produção de resíduos resultantes da caldeira da produção de 1 m ² de produto acabado	41
Tabela 16 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m ² de camada <i>backing</i>	42
Tabela 17 - Energia usada para a produção de 1 m ² de camada <i>backing</i>	42
Tabela 18 - Consumo de água utilizada para a produção de 1 m ² de camada <i>backing</i>	43
Tabela 19 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m ² de camada <i>backing</i>	44
Tabela 20 - Produção de águas residuais resultantes da produção de 1 m ² de camada <i>backing</i>	45
Tabela 21 - Combustíveis usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça.....	45
Tabela 22 - Energia usada na caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça	45
Tabela 23 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de pó de cortiça na caldeira	46
Tabela 24 - Produção de resíduos resultantes da caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça.....	47
Tabela 25 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m ² de sanduiche.....	48
Tabela 26 - Energia usada na na produção de 1 m ² de sanduiche.....	48
Tabela 27 – Consumo de água usada na produção de 1 m ² de sanduiche	49
Tabela 28 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m ² de sanduiche	50
Tabela 29 - Produção de águas residuais resultante da produção de 1 m ² de sanduiche.....	51
Tabela 30 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m ² de placa pintada	52
Tabela 31 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m ² de placa pintada	54
Tabela 32 - Conjunto de dados utilizados nos processos de produção de 1 m ² de placa acabada e corte	56
Tabela 33 - Energia consumido nos processos de produção de 1 m ² de placa acabada, corte e embalagem.....	56
Tabela 34 - Produção de resíduos resultantes nos processos de produção de 1 m ² de placa acabada, corte e embalagem	57
Tabela 35 - Conjunto de dados utilizados no processo de embalagem de 1 m ² de produto final	59

Tabela 36 - Consumo de combustível por m ² de produto manufacturado	60
Tabela 37 - Indicadores utilizados na análise do ICV – uso de recursos	61
Tabela 38 - Dados utilizados no cálculo do “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”	62
Tabela 39 - Uso de recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas	62
Tabela 40 - Indicadores de recursos renováveis utilizados na análise do ICV e respetivas quantidades por m ² de produto.....	63
Tabela 41 - Resultados do ICV nos recursos nucleares por m ² de produto	63
Tabela 42 - Fator de caracterização do urânio (CED method v1.08)	63
Tabela 43 - Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos energéticos primários não renováveis usados como matéria-prima) por m ² de produto	64
Tabela 44 - Cálculos das matérias-primas não renováveis por m ² de produto	64
Tabela 45 - Indicadores de energias não renováveis utilizados na análise do ICV e respetivas quantidades por m ² de produto.....	64
Tabela 46 - Utilização de água doce por m ² de produto.....	65
Tabela 47 - Indicadores de análise do inventário de ciclo de vida que representam diversas categorias de resíduos	65
Tabela 48 - Lista de resíduos do ICV por m ² de produto.....	66
Tabela 49 - Resíduos radioativos (EDIP, 2003).....	66
Tabela 50 - Cálculo da quantidade de resíduos radioativos por m ² de produto	66
Tabela 51 - Resíduos perigosos (EDIP 2003)	67
Tabela 52 - Cálculo dos resíduos perigosos por m ² de produto.....	67
Tabela 53 - Cálculo de resíduos não perigosos por m ² de produto	67
Tabela 54 - Indicadores da análise do ICV de resíduos por m ² de produto	67
Tabela 55 - Indicadores de análise do ciclo de vida que representam os fluxos de saída de materiais.....	68
Tabela 56 - Indicadores de análise do ICV para os fluxos de saída de materiais e respetivas quantidades por m ² de produto.....	68
Tabela 57 - Soma de todos os indicadores de análise do ICV	69
Tabela 58 – Resultados da AICV para o <i>Artcomfort Floating NPC</i> expressos por m ²	70

Lista de Figuras

Figura 1. Caraterização do setor da cortiça (Adaptado de Pereira e Cardoso (2014)).	1
Figura 2. Constituição de um painel de piso flutuante em cortiça (Chiebao, 2011).	8
Figura 3. Evolução do setor da cortiça (Adaptado de Pereira e Cardoso (J. M. Cardoso, 2014))	9
Figura 4. Procedimentos simplificados para o inventário	13
Figura 5. Elementos da AICV	14
Figura 6. Constituição do produto <i>Artcomfort Floating NPC</i> (Fonte: Amorim Revestimentos)	26
Figura 7. Esquema genérico das fases do processo (adaptado de (IBU, 2012))	28
Figura 8. Fluxo geral do processo de produção	29
Figura 9. Processo de produção da camada base de cortiça aglomerada	34
Figura 10. Processo de produção da camada <i>backing</i>	41
Figura 11. Processo d montagem da sanduiche	47
Figura 12. Processo de produção da placa pintada	51
Figura 13. Processo de produção da placa acabada e corte	55
Figura 14. Processo de embalagem e distribuição	58
Figura 15. Percentagem dos impactes ambientais por processo de produção do <i>Artcomfort Floating NPC</i>	70
Figura 16. Contribuição em percentagem dos vários componentes na fase de montagem da sanduiche	71

Lista de Abreviaturas

A - Acidificação

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

AG – Aquecimento Global

AICV – Avaliação de Impacte de Ciclo de Vida

APCOR – Associação Portuguesa de Cortiça

AR – Amorim Revestimentos

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

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis

DAP – Declaração Ambiental de Produto

DRAE – Depleção de Recursos Abióticos - Elementos

DRACF – Depleção de Recursos Abióticos – Combustíveis Fósseis

E - Eutrofização

ECE – Exigência Cumulativa de Energia

EMEP – *European Monitoring and Evaluation Programme*

EPD – *Environmental Product Declaration*

GEE – Gases com Efeito de Estufa

HDF – *High Density Fibreboard*

IBU - *Institut Bauen und Umwelt*

ICV – Inventário do Ciclo de Vida

IPQ – Instituto Português da Qualidade

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

ISO – *International Organization for Standardization*

LDPE – *Low-Density Polyethylene*

NP – Norma Portuguesa

OF – Oxidação Fotoquímica

ONG – Organização Não-Governamental

PCR – *Product Category Rules*

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RCP – Regra de Categoria de Produto

RST – *Realistic Surface Technology*

tkm – Tonelada-Quilómetro

UV - ultravioleta

Termos e definições

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.

Avaliação de ciclo de vida: compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Avaliação de impacto do ciclo de vida: fase da avaliação do ciclo de vida com objetivo de compreender e avaliar a magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais para um sistema de produto ao longo do ciclo de vida do produto.

Categoria de impacto: classe que representa questões ambientais dignas de preocupação à qual os resultados do inventário de ciclo de vida poderão ser atribuídos.

Categoria de produto: grupo de produtos que podem desempenhar funções equivalentes.

Ciclo de vida: etapas consecutivas e interligadas de um sistema de produto, desde a obtenção de matérias-primas ou sua produção a partir de recursos naturais, até ao destino final.

Combustível secundário: combustível recuperado do uso anterior ou a partir de resíduos que substitui combustíveis primários.

Coproduto: qualquer de dois ou mais produtos oriundos do mesmo processo unitário ou sistema de produto.

Declaração ambiental: alegação que indica os aspetos ambientais de um produto ou serviço.

Declaração ambiental tipo III: Declaração ambiental que apresenta dados ambientais quantificados através da utilização de parâmetros predeterminados e, onde for relevante, informação ambiental adicional.

Entrada: fluxo de produto, material ou energia que entra num processo unitário.

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

Impacte ambiental: qualquer alteração no ambiente, adversa ou benéfica, resultante, total ou parcialmente, dos aspetos ambientais de uma organização.

Interpretação do ciclo de vida: fase da avaliação do ciclo de vida na qual os resultados, quer do inventário, quer da avaliação de impacto, ou de ambas, são avaliados de acordo com o objetivo e âmbito definidos, com vista à obtenção de conclusões e recomendações.

Inventário de ciclo de vida: fase da avaliação do ciclo de vida que envolve a compilação e quantificação de entradas e saídas para um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida.

Matéria-prima: material primário ou secundário que é utilizado para produzir um produto.

Material auxiliar: material de entrada ou produto que é usado pelo processo de produção da unidade de produto, mas que não constitui parte do produto.

Material secundário: material recuperado do uso anterior ou a partir de resíduos que substitui materiais primários.

Módulo de informação: compilação de dados a serem utilizados como base de uma declaração ambiental tipo III, cobrindo um processo unitário ou um conjunto de processos unitários que fazem parte do ciclo de vida de um produto.

Processo: conjunto de atividades interrelacionadas ou que interagem entre si, que transforma entradas em saídas.

Produto: qualquer bem ou serviço.

Regras de categoria de produto: conjunto de regras, requisitos e linhas de orientação específicas para o desenvolvimento de declarações ambientais tipo III para uma ou mais categoria de produto.

Saída: fluxo de produto, material ou energia que sai de um processo unitário.

Sistema de produto: conjunto de processos unitários com fluxos elementares e de produto, desempenhando uma ou mais funções definidas, e que modelam o ciclo de vida de um produto.

Unidade funcional: desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como unidade de referência.

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A exploração do montado de sobro para a produção de cortiça reveste-se de uma importância determinante na economia e sustentabilidade ecológica dos países mediterrânicos, ocupando uma área de 2 139 492 hectares, distribuídos pelos países europeus - Espanha, França, Itália e Portugal, e pelos países do norte de África, Argélia, Marrocos e Tunísia. Portugal é o país que concentra maior área, cerca de 34% do total mundial de montado de sobro, a que equivalem 736 mil hectares, sendo a segunda espécie florestal predominante, representando 23% da florestal nacional (APCOR, 2013).

Por outro lado, segundo a mesma fonte, a produção mundial de cortiça ultrapassa as 201 mil toneladas e Portugal assume, igualmente, a liderança nesta vertente, contribuindo com 100 mil toneladas de cortiça, que representam 50% da produção mundial (APCOR, 2013).

Portugal destaca-se, também, como líder mundial na exportação de produtos de cortiça, com uma quota de mercado de 65%, seguido da Espanha com 16%, representando em 2012, 845 370 milhões de euros. Importa, ainda, relevar que Portugal é o quarto maior importador mundial de cortiça, que utiliza na indústria transformadora e exporta em forma de produtos para consumo final (APCOR, 2013).

Neste sentido, o setor da cortiça assume para Portugal um valor estratégico inquestionável, que sucintamente se apresenta na Figura 1.

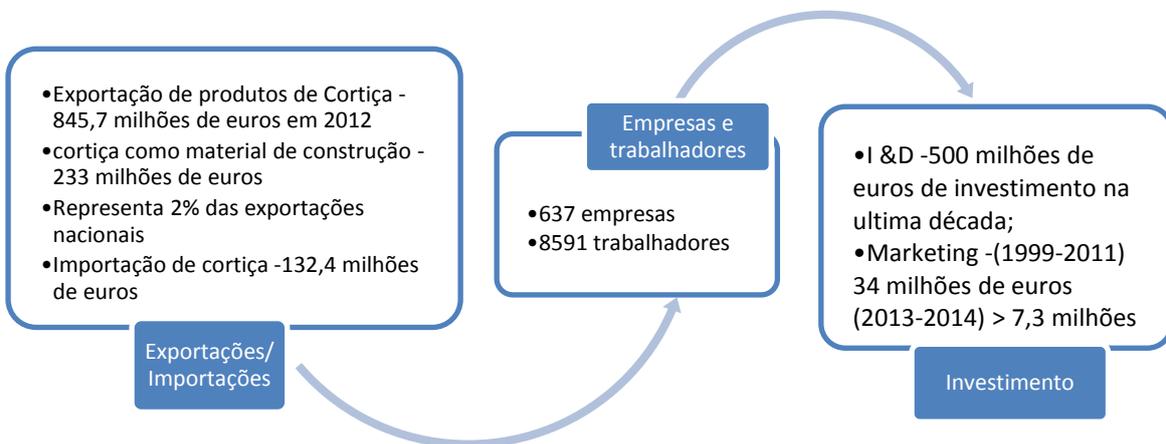


Figura 1. Caraterização do setor da cortiça (Adaptado de Pereira e Cardoso (2014)).

Os principais setores produtivos que absorvem os produtos da cortiça são a indústria vinícola, que consome 68%, essencialmente sob a forma de rolhas e o setor da construção civil com 32%, onde se incluem: pavimentos, isolamentos, revestimentos e objetos de decoração (casa e escritório), entre outros.

A razão pela qual esta dissertação incidirá sobre um produto da indústria da cortiça utilizado na construção prende-se com o fato de esta ser uma das maiores riquezas nacionais, sendo Portugal o líder mundial na exportação de produtos de cortiça, representando uma quota de mercado de 36%, sendo que, destes, 32% são devidos ao setor da construção civil. Assim, um dos maiores setores exportadores nacionais, posiciona-se como uma das maiores e mais importantes indústrias (APCOR, 2013).

A título exemplificativo pode-se registar que o aglomerado de cortiça expandido da Amorim Isolamentos acaba de ser considerado um dos 10 produtos mais ecológicos e sustentáveis para a área da construção, integrando o *Top 10 Product for 2013*, da *Building Green* (Pereira e Cardoso, 2014).

A APCOR (Associação Portuguesa da Cortiça) apresenta regularmente estudos e indicadores estatísticos e ambientais que incidem na reciclagem da cortiça, impacte ambiental da produção de rolhas de cortiça, na importância do montado, na inter-relação existente entre biodiversidade e serviços dos ecossistemas, etc. No entanto, não se encontram indicadores específicos sobre a avaliação do ciclo de vida dos materiais de cortiça utilizados no setor da construção e mais especificamente dos revestimentos.

O setor da cortiça é de grande importância estratégica em Portugal, mas o seu papel na mitigação das alterações climáticas, nomeadamente o balanço de Gases com Efeito de Estufa (GEE) no sector, não é ainda completamente conhecido (CESAM, 2013).

Como maior produtor e transformador mundial de cortiça: os sobreirais estão extremamente bem adaptados às regiões do Sul da Europa e Norte de África, evitando a desertificação, promovendo o sequestro de carbono e outras externalidades, bem como o habitat de muitas espécies animais e vegetais únicas (Gil, 2006).

Estas foram algumas das razões para a seleção desta temática para a presente dissertação, pretendendo dar um contributo para a avaliação do ciclo produtivo de um produto específico: *Artcomfort Floating NPC*, avaliando possíveis impactes ambientais e, eventualmente, definir estratégias de proteção do meio ambiente e dos agentes envolvidos ao longo do ciclo de vida do produto. Pretendeu-se, assim, conhecer melhor os riscos que advêm do setor produtivo da cortiça na área da construção.

Por outro lado, as *Environmental Product Declaration* (EPD) – Declarações Ambientais de Produto (DAP) formam uma base de dados para avaliar edifícios a um nível ecológico e têm sido desenvolvidas predominantemente pelos agentes envolvidos e assumem-se como uma ferramenta eficiente e eficaz, baseada em critérios objetivos. É importante e motivadora a utilização destas metodologias na produção de documentação que permita produzir evidências sobre a avaliação dos possíveis impactes ambientais dos produtos industriais.

1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como principais objetivos: analisar os possíveis impactes ambientais no decurso do processo de produção de um pavimento flutuante de cortiça, constituído por cortiça, *High Density Fibreboard* (HDF) e acabamento de superfície, denominado *Artcomfort Floating NPC* e elaborar de um relatório de

suporte, que servirá de base para a DAP do pavimento *Artcomfort Floating NPC* do sistema do *Institut Bauen und Umwelt* (IBU).

Para a concretização destes objetivos, recorreu-se a uma abordagem *cradle-to-gate*, que consiste na avaliação dos possíveis impactes ambientais de um produto no decurso do ciclo de vida útil, recorrendo à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A informação utilizada no decurso da elaboração da dissertação foi facultada pela empresa onde é produzido o pavimento - Amorim Revestimentos (AR), constituída no início de 1996, com unidades industriais em São Paio de Oleiros e Lourosa. Os dados que integram este documento estão associados aos consumos de materiais e às emissões dos poluentes, resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Assim, pretende-se fazer uma quantificação e análise dos vários impactes ambientais provocados pelas fases do processos, para uma posterior identificação dos problemas ambientais e que poderão servir para a definição de medidas mitigadoras a aplicar nos processos que mostrem mais problemáticos, permitindo uma melhoria a nível ambiental do produto em estudo.

O relatório de suporte elaborado ao longo desta dissertação servirá de base para a elaboração da declaração ambiental do pavimento *Artcomfort Floating NPC*. Uma DAP transmite informações ambientais verificáveis, verdadeiras, exatas para produtos e as suas aplicações, apoiando assim, com uma base científica, as escolhas justas e estimulando o potencial para uma melhoria contínua ambiental (CEN, 2012). Para a elaboração da DAP recorreu-se às Regras de Categorias de Produto (RCP) – Parte A (versão 1.1), em inglês, designadas de *Product Category Rules* (PCR).

1.3. Organização da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em oito capítulos que se passa a apresentar.

O primeiro capítulo é introdutório, constituído pelo enquadramento, que explica o âmbito o contexto geral do tema escolhido, os principais objetivos, as motivações que presidiram à seleção da temática e as linhas orientadoras da dissertação.

No Capítulo 2 expõe-se a importância da cortiça como produto inovador e sustentável, é analisada a influência do Grupo Amorim no setor corticeiro e desenvolveu-se a utilização e a importância da cortiça na construção.

O Capítulo 3 é dedicado à avaliação de ciclo de vida de produto em que é efetuada uma breve descrição da evolução da metodologia de ACV, fundamentada na descrição das normas ISO 14040:2008 (IPQ, 2008) e ISO 14044:2010 (IPQ, 2010), que inclui a definição do objetivo e âmbito, a unidade funcional e a fronteira do sistema. Foi incorporado neste capítulo, o inventário, a avaliação de impacto e a interpretação do ciclo de vida. São apresentados, também, alguns estudos de ACV aplicados à cortiça e seus produtos.

No Capítulo 4 são explanadas as DAP de construção, explicitando os procedimentos para as declarações ambientais de produto e as Regras de Categoria de Produto (RCP).

Nos capítulos 5 e 6 é desenvolvido o caso de estudo, referente ao *Artcomfort Floating NPC*, segundo os requisitos do PCR. No capítulo 5 são apresentados os objetivos, as

fronteiras e a unidade funcional utilizada. É ainda, apresentada uma breve metodologia do estudo. De seguida, é aplicada a metodologia de ACV onde é apresentado o inventário com base em informação fornecida pela empresa Amorim Revestimentos, e posterior avaliação dos impactes ambientais do processo. Objetiva-se a quantificação através da utilização de indicadores para análise do inventário.

No capítulo 7 é realizada a interpretação dos dados obtidos e, finalmente, no capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões conseguidas com a elaboração desta dissertação e propõem-se sugestões para trabalhos futuros.

2. A cortiça

2.1. Conteúdos e aplicações

A história entre o Homem e a cortiça cruza-se desde tempos imemoriais, sendo que os primeiros registos da existência deste produto remontam a 3000 a.C., com objetos alusivos à pesca criados por egípcios e persas (APCOR, s.d.).

A cortiça é um produto 100% natural, de fonte renovável. Por definição, a cortiça é o parênquima suberoso originado pelo meristema súbero-felodérmico do sobreiro (*Quercus suber* L.), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos.

Espécie protegida desde o séc. XII, o sobreiro constitui uma barreira efetiva contra a desertificação social e ambiental, ao mesmo tempo que se assume como um importante ponto de retenção de Dióxido de Carbono (CO₂), um ecossistema único e insubstituível para a fauna e a flora selvagens. A primeira extração da cortiça só é realizada quando a árvore alcança 25 - 30 anos de vida. É uma árvore com capacidade de regeneração natural da sua casca, após cada extração, repetindo-se este procedimento de, aproximadamente, 9 em 9 anos sem causar dano aos sobreiros (APCOR, s.d.; Chiebao, 2011).

Devido ao longo tempo de maturação dos montados, até serem considerados produtivos, pode existir a tentação de desinvestir na plantação do sobreiro, pelo que é fundamental instituir uma política protecionista do sobreiro, aumentando as áreas, para que seja possível aumentar a quantidade e a qualidade da cortiça obtida. Segundo Gil (2010) “a perda da importância económica da atividade corticeira, conduziria a um futuro incerto do montado, promovendo-se a perda da biodiversidade, o abandono das terras, o desequilíbrio social e o desaparecimento de uma das mais sustentáveis indústrias”. Estas preocupações são extensíveis a todo o processo de produção, desde a extração à reciclagem dos produtos finais (APCOR, s.d.).

A cortiça possui propriedades físicas notáveis, que lhe conferem características únicas. Macroscopicamente, é um material leve, elástico e praticamente impermeável a líquidos e gases, isolante térmico e elétrico e absorvedor acústico e vibratório, sendo também inócuo e praticamente imputrescível, apresentando a capacidade de ser comprimido praticamente sem expansão lateral (Chiebao, 2011). As suas principais características são (Gil, 2010):

1. Matéria-prima 100% natural e renovável;
2. Densidade (standard) de 100-120 kg/m³;
3. Excelente coeficiente de condutividade térmica – 0,038 - 0,040 W/mk;
4. Bom isolamento acústico (ruídos aéreos e de percussão);
5. Excelentes propriedades mecânicas;
6. Excelente estabilidade dimensional;
7. Bom comportamento ao fogo e em caso de combustão não há emissão de gases tóxicos;

8. Durabilidade praticamente ilimitada, sem perda das suas características;

9. Totalmente reciclável e reutilizável.

Assim, além de ser uma opção insubstituível para a construção sustentável, sobre a qual os próximos capítulos se debruçam, a cortiça poderá ser encontrada nas mais diversas áreas de negócio. Pereira e Cardoso (2014), afirmam que, a cortiça “absorve derrames de petróleo, serve para construir paredes e tetos, instrumentos musicais, sapatos, malas, joias, canas de pesca e guarda-chuvas. Está no interior das pás eólicas, vai ao espaço, anda de automóvel e de metro, ganha medalhas olímpicas em provas de caiaque (...)”. Mas, a cortiça poderá incorporar muitas outras aplicações, tais como (Gil, 2010):

a) Isolamento acústico e vibratório de máquinas.

b) Indústria automóvel: em juntas (cabeça do motor, caixa de velocidades etc.), em pisos de transportes públicos, no interior do habitáculo de veículos, nos punhos do travão de mão e da alavanca de velocidades, no revestimento de volantes e tablier, etc.

c) O pó da cortiça: gerado em operações de corte, lixagem e acabamento, pode ser utilizado, na produção de energia que alimenta as fábricas e em múltiplas aplicações, tais como: produto de limpeza de peças, estátuas e fachadas expostas à poluição ambiental, acabamento (colmatagem) de alguns tipos de rolhas de cortiça, agricultura ou fabrico de painéis compostos.

d) Indústria aeroespacial: um tipo de granulado de cortiça é utilizado nos foguetões da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Este material é empregue nos propulsores e atua como agente isolador de altas temperaturas.

e) Revestimento de tubagens: neutraliza os dois principais inimigos das instalações frigoríficas, o calor e a humidade. Evita a penetração, permitindo uma impermeabilização completa da instalação.

f) Solventes: um dos resíduos do fabrico do aglomerado puro expandido é o condensado do seu vapor de cozimento. Pode ser utilizado em bruto para a preparação de soluções, em solventes para aplicação em madeira, permitindo conferir uma maior estabilidade dimensional, uma maior resistência ao ataque dos fungos e mesmo colorações interessantes para determinadas aplicações (mobiliário).

g) Indústria farmacêutica: após purificação e separação química são obtidos compostos com múltiplas aplicações, destacando-se um adjuvante de vacinas. Decorrem, igualmente, estudos para tratamentos anticancerígenos e como repelente de insetos.

i) *Design*: existem produtos muito criativos em áreas tão diversas como mobiliário, decoração, utensílios de cozinha, têxteis, calçado, acessórios *Hi-Tech* e brinquedos, entre muitos outros.

2.2. A utilização da cortiça na construção

A aplicação da cortiça tem vindo a ganhar destaque como material de construção, surgindo como resposta às necessidades atuais de conforto e à preocupação ambiental na utilização de materiais ecológicos que não prejudiquem o ambiente (Chiebao, 2011). Os produtos de cortiça predominantes neste setor são: isolantes térmicos acústicos e vibratórios (paredes, tetos, pavimentos); tetos falsos; revestimento de paredes, pisos e tetos; rodapés; linóleos; granulados para enchimento de espaços e misturas com argamassas; juntas isolantes e de dilatação ou compressão; e para fins industriais: antivibráticos para maquinaria e isolamentos para frio industrial (Gil, 2010).

A popularidade dos pavimentos naturais cresceu nos últimos anos, mas problemas relacionados com o ruído que lhes é associado, evitou reações ainda mais positivas. No entanto, os produtos de cortiça desmistificam a ideia de que todos os pavimentos resistentes criam imenso ruído e ambientes frios. Os pavimentos com cortiça pela sua elasticidade amortecem os choques e devido à capacidade de absorção diminuem o ruído. A cortiça também é resiliente e absorve os choques do andamento, diminuindo os ruídos de percussão e dando maior conforto na marcha (Gil, 2010). A resiliência da cortiça faz com que os revestimentos com este material aliviem a tensão nas articulações e coluna, sendo agradáveis ao toque, mesmo com os pés descalços, facto importante em determinadas culturas e, para além disso, estes não retêm facilmente a sujidade e reduzem os ruídos de impacto ao caminhar.

Assim sendo, este tipo de pavimentos são confortáveis, naturais, ecológicos, higiénicos, resistentes e de fácil manutenção. A aposta no *design* e nas mais avançadas tecnologias de preparação e tratamento de superfícies permitem disponibilizar os mais variados tipos de texturas, cores e formatos que acompanham as tendências da moda. Utilizando apenas a cortiça ou combinando-a com outros materiais como a madeira, vinil ou couro, é proporcionada uma oferta alargada de visuais elegantes e sofisticados que permitem criar os mais diversos ambientes, enriquecidos pelas qualidades únicas da cortiça (Chiebao, 2011).

O piso flutuante em cortiça (ver Figura 2) é formado por um decorativo em cortiça, uma camada de cortiça aglomerada, uma camada intermédia em HDF e uma camada inferior em cortiça aglomerada. Os painéis, que podem ter espessuras de 10 a 12 mm, são cortados em dimensões determinadas e as arestas são fresadas com um perfil que permite o encaixe mecânico dos painéis entre si sem o recurso a cola. Este tipo de pavimento é aplicado pousado diretamente sobre o piso existente, sem colar, daí a designação “flutuante”. A grande vantagem deste produto é a sua facilidade de instalação, sendo possível a sua utilização sobre vários tipos de subpavimentos (Chiebao, 2011).



Figura 2. Constituição de um painel de piso flutuante em cortiça (Chiebao, 2011).

2.3. O grupo Amorim

O Grupo Amorim é uma das maiores, mais empreendedoras e dinâmicas multinacionais de origem portuguesa. Criado em 1870, e é hoje líder destacado no setor da cortiça a nível mundial. Com quase 150 anos de liderança do setor, a Corticeira Amorim distingue-se pelo seu perfil de qualidade, de inovação e de performance exemplar, em qualquer lugar do planeta, contribuindo assim, para a economia e para a inovação da fileira da cortiça (Corticeira Amorim, 2014).

A Corticeira Amorim tem um universo de 84 empresas (66 sediadas fora de Portugal), com clientes em mais de 100 países, empregando 3400 trabalhadores (2500 em Portugal). Apresentou um volume de negócios de 534 milhões de euros em 2012, com uma grande diversidade de produtos de cortiça: rolhas (69%), revestimentos (23%), aglomerados compósitos (15%), isolamentos (2%) e matérias-primas (1%) (Cardoso e Pereira, 2014). A empresa Amorim, cedo percebeu o potencial infinito desta matéria-prima 100% natural, transformando-a em objeto de eleição no contexto de uma sociedade, informada e desperta para os problemas ambientais que advêm das suas opções (Corticeira Amorim, 2014). Por outro lado, alguns produtos, ainda que, com um volume de negócios negligenciável, permite continuar a afirmar a empresa na área da inovação e sustentabilidade, dos quais poderá ser destacado o mix de cortiça, borracha e basalto, que começa a ser usado na produção de ferraduras para cavalos em França (Cardoso e Pereira, 2014).

A Figura 3, a história da Corticeira Amorim funde-se com a evolução da indústria da cortiça em Portugal.

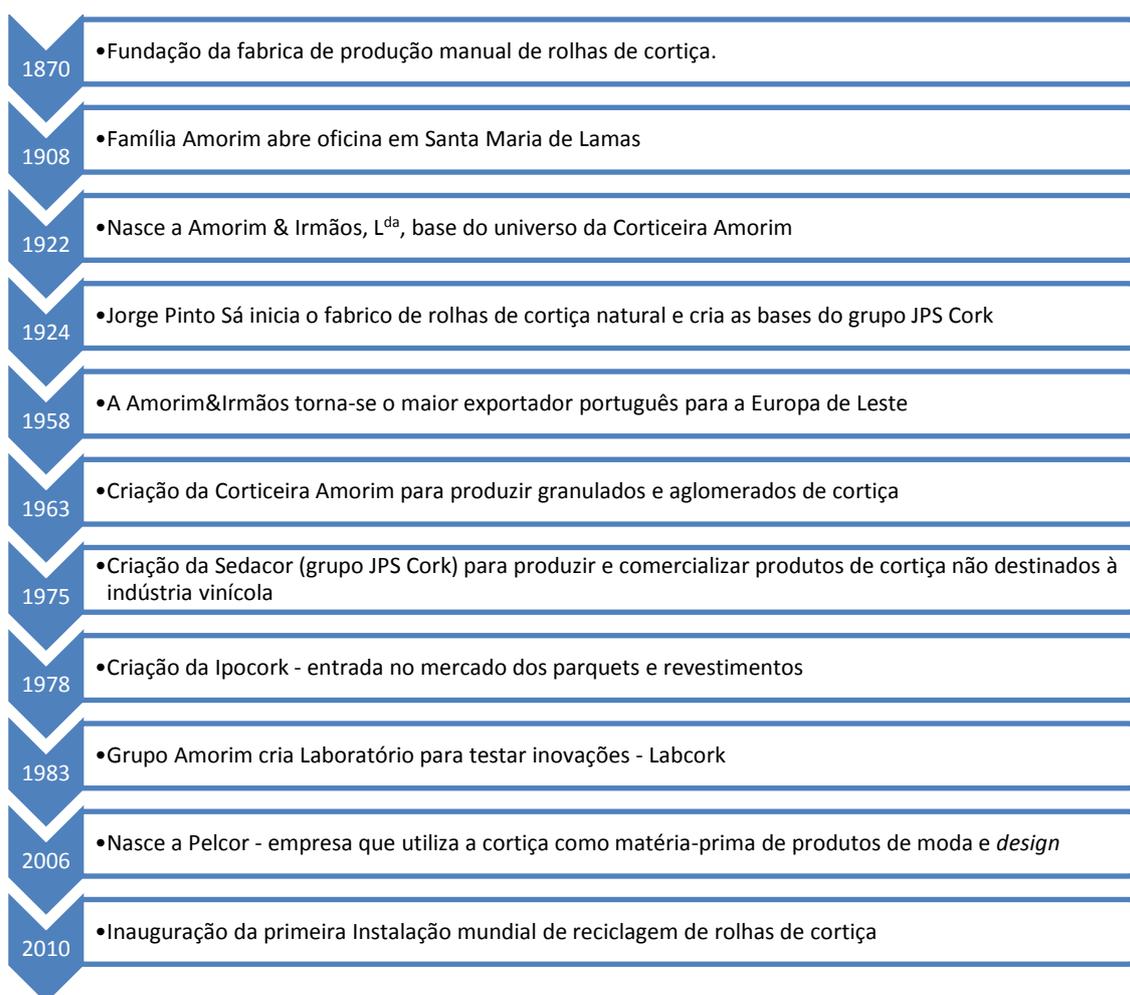


Figura 3. Evolução do setor da cortiça (Adaptado de Pereira e Cardoso (J. M. Cardoso, 2014))

Dentro do grupo Amorim encontra-se a Amorim Revestimentos, constituída no início de 1996, para assumir o negócio dos revestimentos de pavimentos no seio do grupo Amorim, com unidades industriais em São Paio de Oleiros e Lourosa. A empresa Amorim Revestimentos detém atualmente uma posição de destaque no mercado nacional e internacional, nomeadamente em alguns países da Europa Ocidental como França e Alemanha, através da produção de pavimentos *Wicanders* e *Ipcork* (Saraiva, s.d.).

Tendo como prioritária a aposta na qualidade e inovação dos seus produtos, a Amorim Revestimentos não esquece, porém, as questões de âmbito ambiental. Assim, tem desenvolvido trabalho no sentido de introduzir medidas eco eficientes, que minimizem a produção de resíduos na origem, e de encontrar soluções eficazes para os resíduos por si gerados (Saraiva, s.d.).

3. Avaliação de ciclo de vida

Para avaliação dos impactes do *Artcomfort Floating NPC* recorreu-se à metodologia de ACV. Neste capítulo, esta metodologia é descrita e são apresentados estudos de ACV aplicados à cortiça e aos seus produtos.

A ACV é uma técnica que aborda os aspetos ambientais e os impactes ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a obtenção das matérias-primas, passando pela produção, utilização, tratamento no fim-de-vida, reciclagem e deposição final (IPQ, 2010). A ACV pode ser útil: na identificação de oportunidade de melhoria do desempenho ambiental dos produtos em vários pontos do seu ciclo de vida; na informação aos decisores na indústria, em organizações governamentais e não-governamentais (por exemplo no planeamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reformulação de produtos ou processos); na seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes incluindo técnicas de medição; e no marketing (por exemplo, na implementação de esquemas de rotulagem ecológico, realização de alegações ambientais, ou elaboração de declarações ambientais do produto) (IPQ, 2008).

Segundo as normas NP EN ISO 14040 (IPQ, 2008) e NP EN ISO 14044 (IPQ, 2010), a ACV é constituída por quatro fases: definição e âmbito, inventário do ciclo de vida (ICV), avaliação de impactes do ciclo de vida (AICV) e interpretação.

3.1. Definição do objetivo e âmbito

O objetivo e âmbito de uma ACV devem ser claramente definidos e devem ser consistentes com a aplicação pretendida. Devido à natureza iterativa da ACV, o objetivo e âmbito poderão ter de ser revistos devido a limitações imprevistas, condicionalismos ou em resultado de informação adicional. Tais modificações, juntamente com as suas justificações, deverão ser documentadas (IPQ, 2010).

Quando se define o objetivo de uma ACV, deve-se fazer referência aos seguintes elementos, de forma inequívoca: aplicação pretendida, razões para realizar o estudo, público-alvo, e se os resultados se destinam a ser utilizados em declarações comparativas para divulgação pública (IPQ, 2010).

Quanto à definição do âmbito, deve-se incluir os seguintes elementos de forma clara: sistema de produto a estudar, funções do sistema de produto, unidade funcional, fronteira do sistema, procedimento de alocação, categorias de impacto selecionadas e metodologia da avaliação de impacto e interpretação, requisitos de dados, pressupostos, limitações, requisitos da qualidade dos dados iniciais, tipo de revisão crítica, tipo e formato de relatório requerido para o estudo (IPQ, 2010). O âmbito de uma ACV depende do objeto e da utilização pretendida para o estudo. A profundidade e a amplitude da ACV podem diferir consideravelmente, consoante o objetivo de cada ACV em particular (IPQ, 2008).

3.1.1. Função e unidade funcional

O âmbito de uma ACV deve especificar claramente as funções do sistema em estudo. A unidade funcional deve ser consistente com o objetivo e o âmbito do estudo. Uma das principais finalidades de uma unidade funcional é a de fornecer uma referência em relação à qual os dados de entrada e saída são normalizados. Desta forma, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável (IPQ, 2010).

3.1.2. Fronteira do sistema

A fronteira do sistema determina que processos unitários devem ser incluídos na ACV. Deve ser decidido que processos unitários irão ser incluídos no estudo, as entradas e saídas na sua fronteira devem ser fluxos elementares, a aplicação e o público pretendido, os pressupostos, as restrições os dados, e critérios de exclusão e o nível de pormenor a que estes processos unitários devem ser estudados (IPQ, 2010). A seleção da fronteira do sistema deve ser consistente com o objetivo do estudo. Os critérios usados para estabelecer a fronteira do sistema devem ser identificados e explicados (IPQ, 2010).

A eliminação de etapas do ciclo de vida, processos, entradas e saídas, apenas é permitida se não alterar significativamente as conclusões globais do estudo. Quaisquer decisões sobre a omissão de etapas do ciclo de vida, processos, entradas e saídas, devem ser claramente relatadas, devendo ser explicadas as razões e implicações da sua omissão (IPQ, 2010).

3.2. Inventário do ciclo de vida

A definição do objetivo e âmbito do estudo fornece o plano inicial para realizar a fase de ICV de uma ACV. Na execução do plano para o ICV, deverão ser seguidos os passos da Figura 4 (IPQ, 2010):

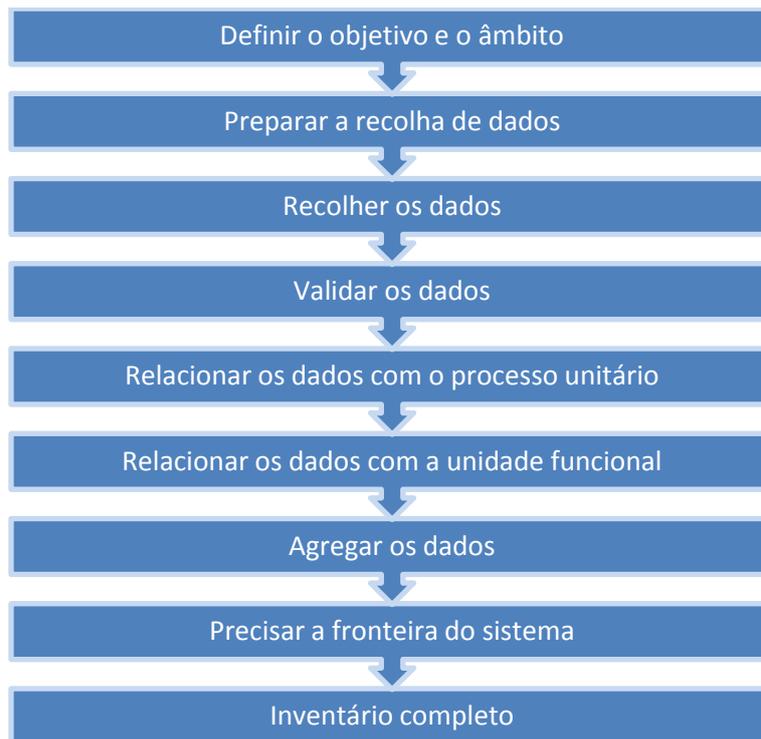


Figura 4. Procedimentos simplificados para o inventário

O ICV envolve assim um procedimento de recolha de dados e cálculo para a quantificação das entradas e saídas relevantes ao sistema do produto, e ainda um processo iterativo (IPQ, 2008). O tipo de dados recolhidos pode ser classificado em categorias, incluindo: entradas de energia, entradas de matérias-primas, entradas auxiliares, produtos, coprodutos, resíduos, emissões para o ar, descargas para a água e para o solo e outros aspetos ambientais (IPQ, 2008).

3.3. Avaliação de impacte do ciclo de vida

A AICV é a fase da ACV que avalia a significância dos impactes ambientais potenciais, envolve a associação de dados do inventário a categorias específicas de impacte ambiental e indicadores de categoria, e fornece informação para a fase de interpretação do ciclo de vida (IPQ, 2008).

Esta fase da ACV deve ser cuidadosamente planeada para atender ao objetivo e âmbito do estudo. Deve ainda, ser coordenada com as outras fases da ACV para ter em conta as seguintes possíveis omissões e fontes de incerteza: se a qualidade dos dados e resultados do ICV é suficiente para efetuar a AICV de acordo com a definição do objetivo e do âmbito do estudo; se a fronteira do sistema e as decisões de exclusão de dados foram suficientemente revistas para assegurar a disponibilidade dos resultados do ICV necessários para calcular os resultados do indicador para a AICV; se a relevância ambiental dos resultados da AICV foi reduzida devido ao cálculo da unidade funcional, ao cálculo de médias, agregações e alocações à escala do sistema (IPQ, 2010).

A fase de AICV inclui a recolha de resultados do indicador para as diferentes categorias de impacte, que em conjunto apresentam o perfil de AICV do sistema de produto (IPQ,

2010). A AICV é composta por elementos obrigatórios e opcionais, apresentados na Figura 5.

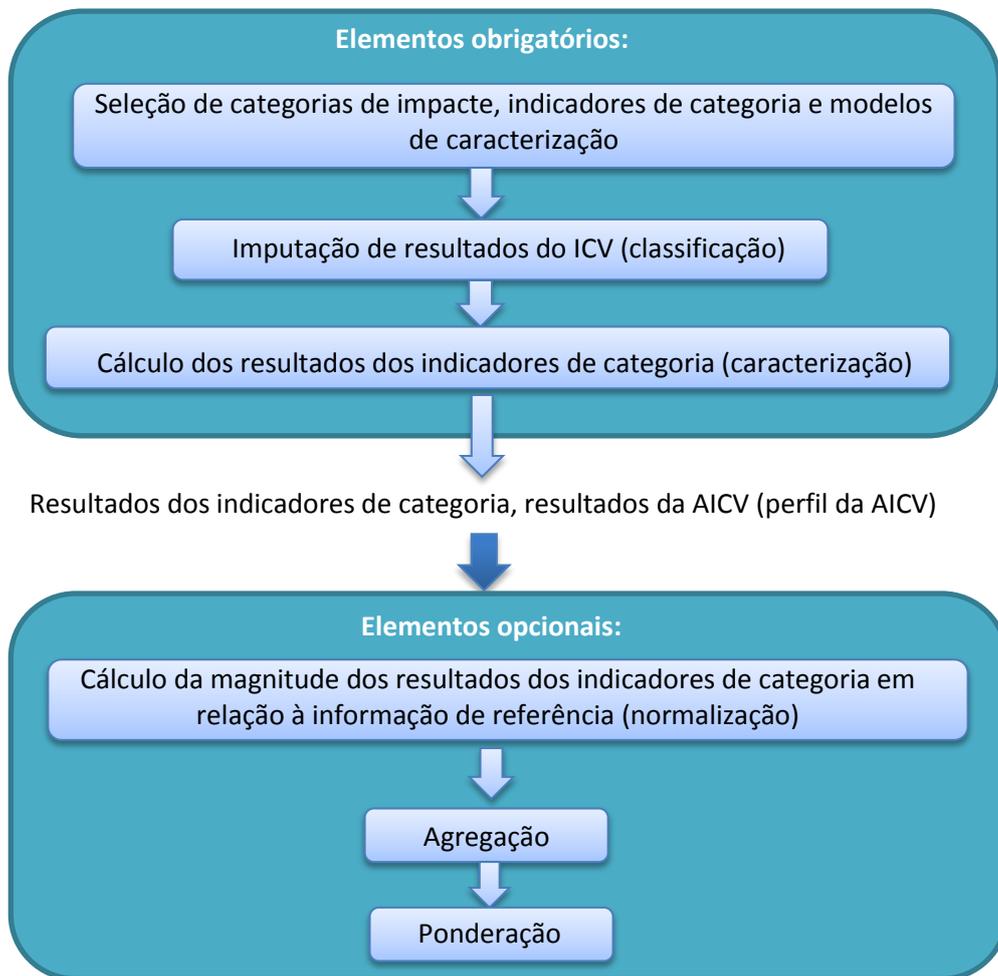


Figura 5. Elementos da AICV

A seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização deve incluir a referência da informação e fontes relacionadas e ser fundamentada e coerente com os objetivos e o âmbito. A seleção das categorias de impacto deve refletir as questões ambientais relacionadas com o sistema de produto. Os modelos de caracterização utilizados para obter os fatores de caracterização, refletem o mecanismo ambiental ao descrever a relação entre os resultados do ICV, indicadores de categoria e impactes finais por categoria. O mecanismo ambiental é a soma dos processos ambientais relacionados com a caracterização dos impactes (IPQ, 2010). A classificação deve ter em conta, a menos que outro procedimento seja requerido pelo objetivo e âmbito, a imputação dos resultados do ICV que são exclusivos de uma categoria de impacto e a identificação dos resultados do ICV que se relacionam com mais do que uma categoria de impacto. A caracterização envolve a conversão dos resultados do ICV em unidades comuns, através de fatores de caracterização, e a agregação dos resultados convertidos na mesma categoria de impacto, tendo como resultado do cálculo um indicador numérico (IPQ, 2010).

A AICV pode incluir elementos opcionais como a normalização, que permite o cálculo da magnitude dos resultados do indicador da categoria relativos à informação de referência; a agregação, ordena e hierarquiza as categorias de impacto e a ponderação, que faz a conversão e agregação dos resultados do indicador nas categorias de impacto usando fatores numéricos baseados em escolhas de valor (IPQ, 2010).

Neste estudo foram analisadas seis categorias de impacto, sendo:

- Depleção de recursos abióticos: esta categoria de impacto está relacionada com a extração de minerais e combustíveis fósseis.
- Aquecimento global: esta categoria está relacionada com a emissão de gases com efeito de estufa e considera fatores para o Potencial de Aquecimento Global para um horizonte temporal de 100 anos (GWP100). Este potencial tem em conta a contribuição dos gases com efeito estufa para a absorção da radiação na atmosfera tendo como referência o dióxido de carbono.
- Depleção da camada do ozono: nesta categoria é definido o potencial de empobrecimento de ozono estratosférico de diferentes gases.
- Oxidação fotoquímica: esta categoria mostra a capacidade para a formação de oxidantes fotoquímicos na troposfera (principalmente ozono) a partir da degradação de compostos orgânicos (COV) na presença de radiação ultravioleta e NOx.
- Acidificação da água e dos solos: esta categoria expressa o potencial de acidificação, causado pela libertação de protões H⁺ nos ecossistemas terrestres ou aquáticos. Consequentemente, há um desequilíbrio nos ecossistemas naturais, e a deterioração prematura de edifícios, construções e esculturas, provocado por exemplo pelas chuvas ácidas.
- Eutrofização: a eutrofização dos ecossistemas pode ser provocada por descargas de azoto, fósforo ou outros compostos orgânicos biodegradáveis, levando a um enriquecimento dos ecossistemas por nutrientes, que causa um aumento excessivo de algas e de plantas aquáticas de superfície e a diminuição da concentração de oxigénio nos meios recetores durante a degradação da matéria orgânica, originando, assim, uma deterioração da qualidade da água e a redução da utilização dessa água pelo ecossistema.

3.4. Interpretação do ciclo de vida

A fase de interpretação do ciclo de vida de uma ACV compreende vários elementos, entre eles, a identificação dos aspetos significativos com base nos resultados das fases de ICV e AICV, uma avaliação que considere controlos de integralidade, sensibilidade e coerência, conclusões, limitações e recomendações (IPQ, 2010).

Em relação ao objetivo do estudo, a interpretação deve também considerar a adequação das definições das funções do sistema, da unidade funcional e da fronteira do sistema e, ainda as limitações identificadas pela avaliação da qualidade dos dados e

pela análise de sensibilidade (IPQ, 2010).

A interpretação do ciclo de vida deve fornecer resultados que sejam consistentes com o objetivo e o âmbito, bem como uma apresentação de fácil compreensão, completa e coerente dos resultados de ACV, além disso os resultados devem permitir conclusões, explicar limitações e fazer recomendações e devem vir em forma de conclusão e de recomendações para os decisores (IPQ, 2008).

3.5. ACV aplicada à cortiça e seus produtos

Na revisão da literatura efetuada pode-se verificar que a maioria dos estudos publicados sobre a cortiça e seus produtos foi realizada em Portugal e Espanha. Esta constatação confirma o valor estratégico que a exploração e transformação deste produto representam para a economia e sustentabilidade ecológica destes países.

Encontram-se poucos trabalhos de investigação o que indicia a existência de um amplo campo de pesquisa a explorar, dado o elevado potencial do produto. As publicações analisadas poderão ser agrupadas em três temáticas básicas: a cortiça em bruto (Rives et al. 2012b; Rives et al., 2013; Mestre et al., 2013; González-Garcia et al., 2013), a produção de rolhas de cortiça (Rives et al., 2011; Rives et al., 2012c; Machado, 2011; Silva, 2009) e a produção de materiais de cortiça para a construção (Lucas, 2008; Bowyer et al., 2009; Mahalle, 2011; Lopes, 2011).

Na pesquisa bibliográfica efetuada não foi encontrado concretamente nenhum estudo de avaliação de ciclo de vida para o Artcomfort Floating NPC ou outro pavimento flutuante de cortiça. No entanto, foram encontradas algumas publicações de DAPs relacionadas com o produto em estudo como por exemplo: Amorim - *Artcomfort Floating HPS* (Amorim Revestimentos S. A., 2013a), Amorim - *Corkcomfort Floating HPS* (Amorim Revestimentos S.A., 2013b), Amorim - *Corkcomfort Glue-down HPS* (Amorim Revestimentos S. A., 2013c), Amorim - *Corkcomfort Floating WRT* (Amorim Revestimentos S.A., 2013d), Amorim - *Vinylcomfort Floating* (Amorim Revestimentos S.A., 2013e), Amorim - *Vinylcomfort Glue-down* (Amorim Revestimentos S. A., 2013f). Por outro lado, existe um número diminuto de estudos sobre aplicação de ACV a produtos de cortiça usados na construção civil, alguns deles incidem sobre a comparação de materiais de revestimento usado em pavimentos.

Bowyer et al. (2009) efetuaram um estudo de ACV *cradle-to-grave*, para pavimentos de diferentes materiais: ladrilho cerâmico de vidro reciclado, linóleo, ladrilho de vinil, ladrilho de mármore composto, *terazzo*, parquet de cortiça, pavimento flutuante de cortiça, carpete de nylon e carpete de lã. Para este fim, foram analisadas doze categorias de impacto: aquecimento global, acidificação, eutrofização, depleção de combustíveis fósseis, qualidade do ar interior, saúde humana, alteração do habitat, poluentes atmosféricos, toxicidade ecológica, captação de água, depleção do ozono e *smog*. Os resultados permitiram concluir que os pavimentos que apresentam menores impactos são os de parquet de cortiça natural, linóleo e pavimento flutuante de cortiça. Por outro lado, os que contribuem para um maior impacto são os de carpete de lã e os de ladrilho de mármore composto.

Bessa (2010) apresenta um estudo em que são avaliados produtos de cortiça da Corticeira Amorim utilizados na construção civil, cujo objetivo primordial consistiu em avaliar os consumos de recursos energéticos e materiais relacionados com a produção dos materiais de cortiça, conjugados com as emissões de CO₂ associadas aos processos. Os resultados obtidos permitiram concluir que no triénio 2008/2010 a Corticeira Amorim teve uma redução de consumo de matérias-primas e de energia que lhe permitiu uma redução das emissões de CO₂ em, aproximadamente, 22 %. Ao mesmo tempo, afirma que nos materiais de revestimento de pavimentos em cortiça, as emissões de CO₂ são inferiores às dos revestimentos em madeira e às dos revestimentos em acrílico. Segundo a mesma fonte, a utilização de biomassa satisfaz 60 % das necessidades energéticas da corticeira Amorim, tem vindo a investir progressivamente nesta fonte de energia, neutra em emissões de CO₂. Relativamente ao transporte de produtos e mercadorias, tem aumentado a quota de transporte de mercadorias por via marítima, em detrimento da via rodoviária, com o objetivo claro de reduzir as emissões de CO₂.

Lopes (2011) analisou os desempenhos ambientais de dois materiais de construção usados para isolamento exterior de fachadas: placas de poliestireno expandido e aglomerado de cortiça expandida, sendo possível concluir que, para a maioria das categorias de impacto consideradas, os valores são superiores para o aglomerado de cortiça expandida, quando comparados com os valores para o poliestireno. São apontadas as seguintes razões para o melhor desempenho do poliestireno: a diferente massa das placas e a distância associada ao transporte dos materiais até ao local da obra. Ou seja, para a produção da unidade funcional (0,04 m³ de placa) são necessários 1,2 kg de poliestireno em comparação com a massa necessária de cortiça que é de 4,8 kg. Estima-se, pois, que para uma menor massa de poliestireno os impactos ambientais associados serão proporcionais. Por outro lado, relativamente ao transporte dos materiais de isolamento até ao local de obra conclui que o valor usado no *SimaPro* para a cortiça é muito superior ao do poliestireno. Como no caso do poliestireno, se transporta uma menor massa de placa num trajeto mais curto, é de prever que o impacto associado aos transportes seja inferior para o poliestireno. Estes dois fatores conjugados determinam um menor valor para o impacto ambiental do poliestireno comparativamente com a cortiça expandida (Lopes, 2011).

Mahalle et al. (2011) realizaram um estudo comparativo entre pavimento de madeira e outros tipos de pavimento alternativos, constituídos por telhas cerâmicas, vinil, cortiça e linóleo. Este estudo inclui uma ACV com uma abordagem ambiental *cradle-to-grave*, baseada nas normas ISO 14040 e 14044. As categorias de impacto analisadas foram: alterações climáticas, depleção da camada de ozono troposférico, acidificação dos recursos de água e solos, eutrofização e formação de ozono troposférico. Foram ainda utilizadas energias renováveis e não renováveis. O estudo permitiu concluir que o fabrico do pavimento de madeira domina a fase do ciclo de vida no que refere aos fluxos ambientais e energéticos, em todas as categorias. Na análise comparativa com os restantes pavimentos Mahalle et al. (2011) verificaram que o pavimento de madeira apresenta o pior cenário, devido às elevadas emissões de metano no aterro, comparando com a baixa performance mostrada nas categorias de impacto de acidificação e consumo de energias fósseis não renováveis.

Considerando as emissões ambientais, os pavimentos de madeira superam todos os

pavimentos alternativos selecionados, nas categorias de aquecimento global e depleção da camada de ozono, e existem mais benefícios nas mudanças climáticas na utilização de pavimentos de madeira comparando com outros tipos de pavimentos orgânicos, cortiça e linóleo. Os pavimentos de madeira consomem mais energia que os restantes pavimentos.

4. Declarações ambientais de produto

As Declarações Ambientais de Produto (DAP), em inglês conhecidas como *Environmental Product Declaration* (EPD), formam uma base de dados para avaliar edifícios a um nível ecológico, e correspondem às declarações ambientais do tipo III. Isto é atualmente previsto no novo projeto de Normas Europeias "Sustentabilidade de edifícios" (IBU, 2014).

As declarações ambientais podem ser feitas de acordo com o Tipo I, Tipo II e Tipo III (IBU, 2014). As declarações do Tipo I (de acordo com a norma ISO 14024 (ISO, 1999)) baseiam-se em critérios únicos que devem ser cumpridos, apesar da capacidade de cumprir os requisitos só se aplicar a uma parte do mercado. Este tipo de declarações é apropriado para os produtos com relevância ambiental única (IBU, 2014).

Nas declarações ambientais do Tipo II (em conformidade com a ISO 14021 (ISO, 1999)) os critérios são selecionados livremente e determinados pelas empresas ou associações. Este tipo de declarações é adequado para utilização na comercialização de produtos individuais (IBU, 2014).

As declarações do Tipo III (em conformidade com a ISO 14025 (IPQ, 2009)), incluem informações gerais sobre produtos, ACV e aditivos. Além disso, são criadas com base em critérios que foram desenvolvidos com o envolvimento de organismos terceiros independentes e, por isso são verificadas de forma independente. Estas são apropriadas para os produtos que são utilizados em conjunto com outros sistemas (IBU, 2014).

O desenvolvimento das DAP tem como base as normas ISO 21930:2007 (ISO, 2007), ISO 14025:2009 (IPQ, 2009), e EN 15942:2011 (ISO, 2011), e, portanto, estão alinhadas internacionalmente, e são adequados como prova das alegações ambientais. Estas também oferecerem os dados básicos relevantes nas propriedades ambientais de um produto para fins de marketing e vendas (IBU, 2014).

A DAP inclui declarações sobre o uso de energia e recursos, a fim de saber em que medida um produto contribui para o efeito estufa, a acidificação, eutrofização, a destruição da camada de ozono e formação de smog (IBU, 2014).

As DAPs devem conter a mesma configuração e incluir os mesmos parâmetros. Assim, uma declaração ambiental deve englobar (Couto, 2011):

- Identificação e descrição da organização que elabore a declaração;
- Descrição do produto;
- Identificação do produto;
- Nome, morada da empresa;
- Data de publicação e período de validade;
- Dados da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Inventários de Ciclo de Vida (ICV);
- Informação ambiental adicional;
- Declaração de conteúdo abrangendo os materiais e substâncias a serem declarados: informação sobre o conteúdo do produto, incluindo especificações dos materiais e substâncias que possam ter um efeito nocivo na saúde humana e no ambiente, em todas as fases do ciclo de vida;
- Identificação das fases do ciclo de vida do produto;

- Informação sobre os locais onde o material poderá ser obtido (ISO 14025, 2009).

As DAPs devem incluir dados relevantes dos estudos de ACV, tais como (IPQ, 2009):

- Dados do ICV:
- Consumo de recursos, incluindo materiais, energia e água, e em
- Emissões e descargas para o ar, água e solo;
- Resultados dos indicadores de ICV, tais como quantidades e tipos de resíduos produzidos (resíduos perigosos e não perigosos).
- Resultados dos indicadores da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV, incluindo:
 - Alterações climáticas,
 - Depleção da camada de ozono,
 - Acidificação,
 - Eutrofização,
 - Formação de oxidantes fotoquímicos,
 - Depleção de recursos energéticos fósseis, e
 - Depleção de recursos minerais;

4.1. Regras de categoria de produto

Com o intuito de cumprir as expectativas do mercado de alta de uma série de aplicações práticas, as DAP devem conhecer e cumprir pré-requisitos metodológicos específicos e rigorosos. Para garantir que os procedimentos semelhantes são usados para a criação de DAP, tem de ser estabelecidas regras de cálculo comuns e harmonizadas. No entanto, os grupos de produtos geralmente têm um desempenho ambiental diferente uns dos outros, por isso é necessária a criação de regras específicas para cada grupo de produtos, denominadas de Regras de Produto Categoria (RCP). Os documentos de RCP devem ser considerados como complemento aos requisitos gerais dos programas das DAP, (Environdec, s.d.) pois têm um papel crucial no desenvolvimento das DAP.

A norma europeia EN 15804:2012 (CEN, 2012) contém as RCP de base para o estabelecimento de DAP para qualquer produto ou serviço de construção. Esta norma (CEN, 2012), além de descrever as etapas do ciclo de vida de um produto que devem ser incluídas na DAP e que processos devem ser considerados nas fases do ciclo de vida, define as características que devem ser declaradas e também a forma como os resultados devem ser agrupados e relatados, bem como as condições em que os produtos de construção podem ser comparados com base nas informações fornecidas pela DAP e as regras para o desenvolvimento de diferentes cenários. Este inclui, ainda as regras de cálculo do ICV e AICV subjacente à DAP e especifica a qualidade dos dados a ser aplicada. Além disso, o PCR inclui as regras para relatórios pré-determinado, informação ambiental e sobre a saúde que não é abrangida pela ACV para um produto, serviço ou processo de construção.

De acordo com a norma ISO 14025 (IPQ, 2009), um documento de RCP deve incluir a definição categoria de produto e descrição, a unidade funcional, descrição dos dados,

limites do sistema, critérios para a adição de entradas e saídas, requisitos de qualidade dos dados e unidades. Deve ainda englobar uma análise de inventário com a recolha de dados, procedimentos de cálculo e alocação de fluxos de materiais e de energia e lançamentos. Além disso, deve conter uma seleção de categoria de impacto e regras de cálculo, critérios pré-determinados para a comunicação de dados de ACV, requisitos para fornecimento de informação ambiental adicional ou requisitos metodológicos, materiais e substâncias que devem ser declarados, as instruções para os dados necessários para desenvolver a declaração, as instruções sobre o formato e conteúdo da declaração ambiental do Tipo III, informação sobre as etapas que não são considerados (se a declaração não incluir todas as fases do ciclo de vida) e período de validade (IPQ, 2009).

4.2. Procedimento para as Declarações Ambientais de Produto

Existem vários sistemas de registo de uma DAP, como por exemplo DAPHABITAT (Portugal), INIES (França), IBU (Alemanha, Áustria e Suíça), *Envirodec Green Yard Stic* (Consórcio internacional, coordenado pela Suécia), DAPc (Espanha), BRE (Reino Unido), RTS (Finlândia), *ByOg Byg* (Dinamarca), MRPI (Holanda), *NHO Program* (Noruega). Nesta dissertação o sistema utilizado foi o sistema do *Institut Bauen und Umwelt* (IBU). Segundo este sistema, as DAP são criadas em três fases para envolver os vários intervenientes, em qualquer momento. O objetivo deste procedimento é introduzir transparência e, portanto envolver o máximo possível os órgãos públicos e terceiros independentes, para intensificar a confiança na declaração como um meio objetivo de avaliação em relação à sustentabilidade (IBU, 2014).

Numa primeira fase, é criado um documento de RCP num fórum de grupo de produtos, que consiste num conjunto de especialistas e fabricantes, e é moderado pelo IBU. O grupo de produtos é definido e os efeitos ambientais característicos são identificados. O procedimento para quantificar os efeitos ambientais e as provas a serem produzidas é fornecido aos futuros candidatos. Ao mesmo tempo da criação do documento, o IBU informa o público sobre o novo fórum de grupo de produtos, a fim de introduzir maior interesse nesta fase inicial. O documento de RCP é verificado por um comitê de especialistas para garantir a coerência entre os grupos de produtos e totalidade das exigências do fabricante (IBU, 2014).

Além disso, o RCP (novamente sob moderação do IBU) é discutido num fórum com planeadores, empreiteiros, autoridades e outras partes interessadas. As críticas por parte de terceiros são implementadas com o intuito de melhorar o projeto de RCP. Se um documento RCP já existe para o grupo de produtos correspondente, este passo não se aplica (IBU, 2014).

Na segunda etapa, é criada a declaração. Para isso, todas as informações exigidas pelo fabricante são disponibilizadas no documento RCP e são verificados todos os requisitos exigidos. Os métodos de análise e metodologia de ACV são estabelecidos uniformemente no documento PCR (IBU, 2014).

Numa fase final, a declaração é examinada. O comitê de peritos organiza a verificação das declarações individuais por terceiros independentes. Esta verificação final dos casos individuais garante a objetividade do processo da declaração. O operador do

programa, IBU, não tem qualquer influência sobre a confirmação da declaração, mas simplesmente publica as declarações que foram aprovadas pelo comitê de especialistas (IBU, 2014).

5. Caso de Estudo: Artcomfort Floating NPC

Este capítulo, bem como os capítulos 6 e 7 constituem um relatório de suporte para a ACV do produto *Artcomfort Floating NPC*, que servirá como base para a DAP. Este relatório é um dos requisitos impostos pelas RCP para cada DAP no IBU (IBU, 2012).

5.1. Informação geral sobre o fabricante

A Amorim Revestimentos é uma empresa líder a nível mundial no que respeita ao mercado de pavimentos de cortiça, podendo ser encontrada em 51 países, nos quais os seus produtos são reconhecidos como pioneiros na criação de soluções vanguardistas. A Amorim Revestimentos dá especial relevo à natureza como perspectiva para um futuro melhor, através da qual procura soluções inovadoras para pavimentos que assegurem uma melhor qualidade de vida de um modo sustentável (Wicanders, s.d.a).

A *Wicanders* é uma marca da Amorim Revestimentos que utiliza produtos naturais e recorre às mais recentes tecnologias. Os seus produtos são orientados tanto para o setor residencial como comercial e proporcionam pavimentos de alta qualidade, confortáveis, ecológicos e elegantes, através da utilização das últimas tendências de decoração (Wicanders, s.d.a).

Atualmente, a Amorim Revestimentos tem uma tecnologia de fabrico exclusiva e uma rede de distribuição internacional que lhe permite conhecer antecipadamente as necessidades dos seus clientes, podendo avançar soluções inovadoras. Esta posição estratégica, em conjunto com as suas ações para promover a utilização de revestimentos de cortiça e o seu programa ativo de desenvolvimento de soluções, garante o sucesso da sua atividade e uma grande penetração dos seus produtos nos mercados mais exigentes.

Os revestimentos de cortiça produzidos pela Amorim Revestimentos destacam-se essencialmente por (Wicanders, s.d.b):

- Ambiente acolhedor: a cortiça é um termoisolante único que confere ao piso, uma temperatura ótima durante todo o ano, assegurando um ambiente mais quente e confortável, permitindo uma poupança nos consumos de energia.
- Redutor natural de ruído: as propriedades naturais da cortiça fazem com que esta seja um excelente redutor de ruído, pois diminui as transmissões de ruído dentro e entre as divisões, proporcionando uma ambiente mais calmo e sossegado em casa.
- Andar confortável: os pavimentos de cortiça são bastante confortáveis devido às propriedades flexíveis da cortiça, que transmitem um toque agradável mesmo descalço e são suficientemente estáveis para reduzir a fadiga e proporcionar um conforto único a cada movimento.
- Escolha saudável: as características da cortiça permitem uma redução do impacto, que por sua vez aliviam a pressão sobre os pés, articulações, pernas e costas. Por outro lado, as suas qualidades antibacterianas tornam o pavimento antialérgico.
- Beleza duradoura: as células da cortiça são extremamente resistentes ao

impacto, uma vez que esta tem memórias naturais e irá ressaltar quando confrontada com grandes impactos, retendo a sua elasticidade. Estas propriedades, em conjunto com uma superfície de resistência extra ao desgaste, proporcionam uma durabilidade ao pavimento, preservando uma aparência perfeita ao longo dos anos.

- Instalação fácil e rápida: o chão flutuante com sistema de bloqueio 2G e 5G-C são de instalação muito fácil e rápida, poupando assim tempo e dinheiro na sua aplicação.
- Sustentável: a cortiça provém da casca do sobreiro, que é removida do tronco sem provocar danos na árvore, sendo posteriormente renovada todos os anos o que a torna um recurso sustentável e renovável.
- Fácil manutenção: os acabamentos especiais da superfície dos pavimentos de cortiça proporcionam uma fácil limpeza e manutenção.
- Reutilizável e reciclável.

5.2. Objetivo do estudo

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os impactos ambientais associados ao processo de fabrico do pavimento flutuante produzido na Amorim Revestimentos *Artcomfort Floating NPC*. Assim, após realizados os cálculos e interpretados os resultados foram identificadas as fases do processo mais problemáticas, que futuramente permitirá desenvolver medidas mitigadoras, com o intuito de melhorar todo o processo de fabrico e tornar o produto mais sustentável e amigo do ambiente. Com este estudo também se pretende obter a DAP do produto.

5.3. Metodologia do estudo

A metodologia adotada na realização da avaliação do ciclo de vida e na redação deste relatório compreende as seguintes normas:

- EN ISO 14044:2006 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e Diretrizes (IPQ, 2010).
- CEN / TR 15941:2010 - Sustentabilidade das Obras de Construção - Declarações Ambientais do Produto - Metodologia para a Seleção e Utilização de Dados Genéricos (CEN, 2010).
- ISO 21930:2007 - Sustentabilidade na Construção Civil - Declaração Ambiental Produtos de Construção (ISO, 2007).
- EN 15804:2012 - Sustentabilidade de Obras - Declarações Ambientais de Produtos- Regras Fundamentais para a Categoria de Produto dos Produtos de Construção (CEN, 2012).
- Product Category Rules for Building-Related Products and Services - Parte A: Calculation Rules for the Life Cycle Assessment and Requirements on the Background Report (IBU, 2012).

5.4. Âmbito do estudo

5.4.1. Unidade funcional

A unidade funcional definida foi de 1 m² de acordo com o PCR, o que irá permitir a comparação entre produtos de pavimentos. O fator de conversão para massa associado ao pavimento *Artcomfort Floating NPC* é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Fator de conversão para massa do *Artcomfort Floating NPC* (Fonte: Amorim Revestimentos, s.d.)

Propriedade	Valor	Unidade
Massa por unidade de área	8000 +/- 10%	g/m ²

5.4.2. Classe de declaração

Segundo o documento RCP, o produto em estudo é produzido numa fábrica de um único fabricante, que corresponde ao tipo de declaração 1a (declaração de um produto específico de uma fábrica de um fabricante) (IBU, 2012).

Apesar de a produção das duas camadas de cortiça que constituem o produto ocorrer em duas unidades industriais da Amorim Revestimentos, o fabrico do produto final *Artcomfort Floating NPC* ocorre apenas numa destas unidades.

5.4.3. Descrição do produto

Os produtos *Wicanders* são produzidos em Portugal, e estão disponíveis em diversas texturas, cores, acabamentos e revestimentos. Possuem propriedades naturais do sobreiro que lhe conferem resistência, proporcionando conforto biomecânico, isolamento térmico natural e características de absorção de som. Estes produtos são fabricados a partir de cortiça e madeira (HDF). As placas *Artcomfort* são recicláveis e contribuem positivamente para a retenção de CO₂. Além disso, têm emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) muito baixas, o que melhora a qualidade do ar interior (Ecospecifier, 2014).

Os produtos *Artcomfort Floating NPC* são constituídos por duas camadas de cortiça e HDF usando a *Realistic Surface Technology (RST)*, uma camada de imagem ótica que fornece uma variedade de projetos artísticos através da reprodução de mármore, ardósia, pedra, metal, várias superfícies têxteis e grão de madeira (Figura 6). O *Artcomfort Floating NPC* apresenta um bloqueio macho e fêmea, designado *Corkloc*. O produto é terminado numa superfície NPC, que oferece alta resistência ao choque, arranhões e desgaste, bem como flexibilidade, estabilidade ultravioleta (UV) e resistência química. O acabamento NPC é a última inovação em pavimentos de cortiça envernizados, sendo adequado para áreas domésticas mais exigentes e áreas comerciais com tráfego moderado. Devido à sua reação química durante o processo de revestimento quente é extremamente resistente ao desgaste e altamente flexível (Wicanders, s.d.b).

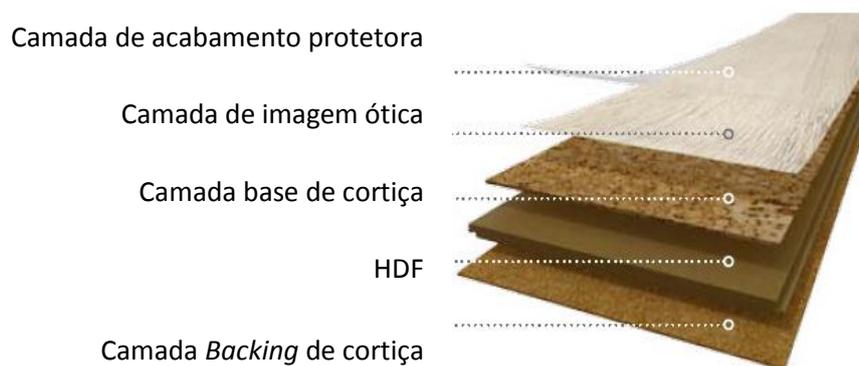


Figura 6. Constituição do produto *Artcomfort Floating NPC* (Fonte: Amorim Revestimentos)

Na realidade, o produto foi projetado para áreas de tráfego elevado, designadamente comercial, empresarial ou espaços públicos em geral (Ecospecifier, 2014), apresentando uma durabilidade de 10 anos quando usado em locais comerciais e de 20 anos para uso doméstico (Wicanders, s.d.b).

Na Tabela 2 são apresentadas as espessuras dos diferentes componentes do produto em estudo.

Tabela 2 - Espessuras dos diferentes componentes do *Artcomfort Floating NPC*

Componentes	Espessura [mm]
Acabamento de superfície	0,10
Camada de imagem ótica	0,10
Camada da base de cortiça	3,10
HDF	6,00
Camada <i>Backing</i> de cortiça	1,20

Na Tabela 3 são apresentados os constituintes do produto *Artcomfort Floating NPC*, produzido na Amorim Revestimentos.

Tabela 3 - Composição média do *Artcomfort Floating NPC*

Componentes	Matéria-prima	Quantidade	Unidades	% peso
Produção de <i>backing</i>	Granulado de cortiça	2,94E-01	kg/m ²	3,289
	Resina PU	3,10E-02	kg/m ²	0,345
Produção da base de cortiça	Granulado de cortiça	2,21E+00	kg/m ²	26,430
	Resina MUF	2,53E-01	kg/m ²	2,822
Colagem da base de cortiça e do BL ao HDF	Cola PVA D2	2,22E-01	kg/m ²	2,489
	HDF	8,64E+00	kg/m ²	61,798
Impressão da imagem: vernizes para preparação da superfície para impressão e tintas de impressão	Primer_167-000-16030	1,97E-02	kg/m ²	0,221
	Sealer_White_161-900-16031	8,20E-02	kg/m ²	0,916
	Sealer_White_161-900-16032	4,87E-02	kg/m ²	0,547
	Rho Roll Ink 1 - Black	0,00E+00	kg/m ²	0,000
	Rho Roll Ink 2 - Cyan	2,00E-04	kg/m ²	0,002
	Rho Roll Ink 1 - Yellow	4,00E-04	kg/m ²	0,004
	Rho Roll Ink 1 - Magenta	3,00E-04	kg/m ²	0,003
Acabamento superfície	PUR HC VP9383/495	1,09E-01	kg/m ²	1,220
	TopCoat for HC 659003	1,20E-02	kg/m ²	0,135

5.4.4. Área de aplicação do produto

Os pavimentos são classificados segundo a sua área de aplicação e classes de usos, de acordo com as normas ISO 10874 (Amorim Revestimentos, s.d.) e EN 685 (IPQ, 2005).

O *Artcomfort Floating NPC* foi desenvolvido para responder às áreas interiores mais exigentes. Este produto atende aos requisitos de piso da classe 31 para uso em áreas comerciais e domésticas e de classe 23 para áreas internas de acordo com a EN 685 (IPQ, 2005). A classe 23 para uso doméstico está apto para utilização residencial, para áreas com uso intenso enquanto classe 31 é indicada para áreas com baixo ou uso intermitente, para utilização pública e comercial (Tabela 4) (IPQ, 2005).

Tabela 4 - Classificação do *Artcomfort Floating NPC* segundo a EN 685

Área de aplicação	Artcomfort Floating NPC	Descrição
Doméstico	23	Uso doméstico com uso intenso
Comercial	31	Uso público e comercial com uso baixo ou intermitente

5.4.5. Fronteiras do sistema

Segundo a norma EN 15804, a DAP do *Artcomfort Floating NPC* envolve os módulos de informação A1-A3, que correspondem às etapas do produto que incluem os seguintes estágios (CEN, 2012):

- A1: extração e processamento de matéria-prima, processamento de material de entrada secundário (ex. processos de reciclagem)
- A2: transporte até ao fabricante
- A3: fabrico

Esta etapa do produto inclui o fornecimento de todos os materiais, produtos e energia, bem como o processamento de resíduos até ao fim do estatuto de resíduo ou à deposição de resíduos finais durante a etapa de produto (IBU, 2012). A fronteira do sistema inclui também os processos que fornecem os materiais e energia de entrada no sistema e os subsequentes processos de fabrico e transporte até ao portão da fábrica, bem como o processamento de todos os resíduos decorrentes desses processos (CEN, 2012).

Na Figura 7 é apresentado um esquema genérico dos estágios A1, A2 e A3 das fases do processo de fabrico do produto.

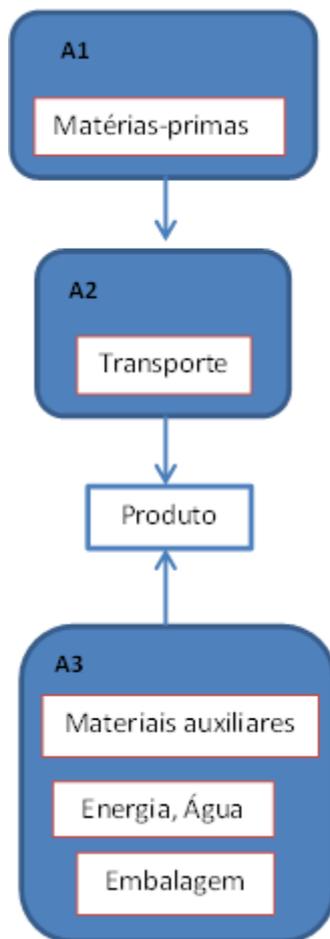


Figura 7. Esquema genérico das fases do processo (adaptado de (IBU, 2012))

5.4.5.1. A1-A3 Etapa do produto

As etapas do produto incluem: extração de matéria-prima e processamento, transporte até ao fabricante e fabrico do produto. Na Figura 8 pode ser observado o fluxo geral do processo de fabrico do *Artcomfort Floating NPC*.

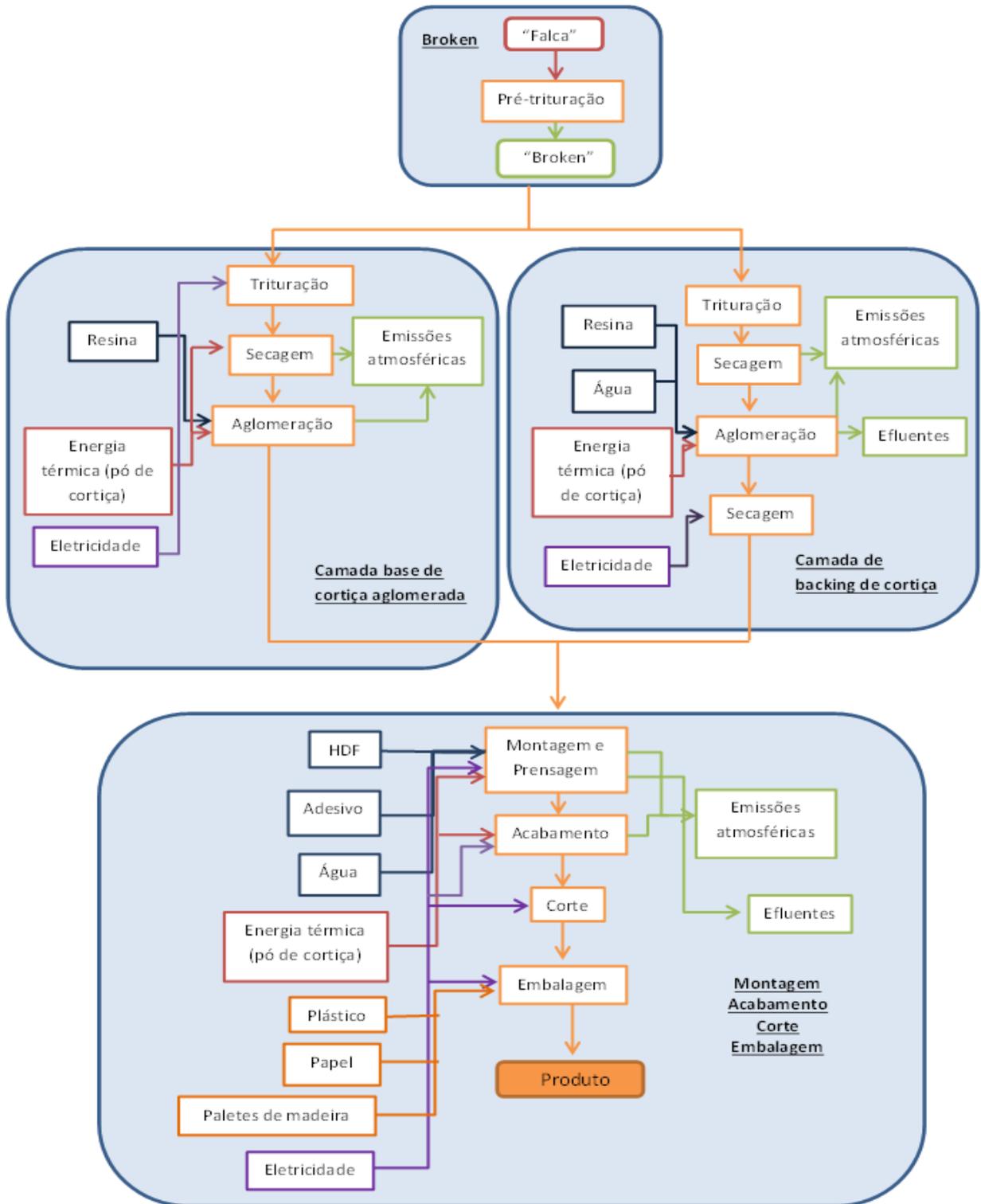


Figura 8. Fluxo geral do processo de produção

Através do diagrama representado na Figura 8, pode-se ver que o processo de produção começa com o fabrico de uma camada base de cortiça aglomerada prensada e a camada de suporte (*backing*). De seguida, efetua-se a montagem do HDF entre ambas as camadas de cortiça, passando posteriormente por um processo de prensagem. A camada superior é revestida com verniz de proteção para assegurar resistência e durabilidade para a superfície. A etapa seguinte consiste em pré-corte e corte, a fim de moldar as placas. Por fim, procede-se à embalagem do produto. As placas são colocadas em caixas de papelão, envolvidas numa película de plástico e colocadas em paletes de madeira, sendo protegidas por tiras de plástico. Finalmente, o produto está pronto para ir para uma plataforma de distribuição.

5.4.5.2. Produção de eletricidade

O processo de fabrico do produto em estudo necessita da utilização de eletricidade. Nesse sentido, foi utilizado o processo de produção de eletricidade à rede nacional portuguesa de energia da base de dados *Ecoinvent*, como é demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Processo de produção de eletricidade usado

Região	Fonte	Ano de referência
Portugal	Ecoinvent	Última atualização: 2013

5.4.5.3. Certificados de CO₂

Não existem certificados de CO₂ associados ao processo de fabrico do *Artcomfort Floating NPC*.

5.4.5.4. Critérios de exclusão das entradas e saídas do processo

Na realização da avaliação do ciclo de vida foram utilizados todos os dados disponíveis para a produção do *Artcomfort Floating NPC*. Não foram incluídos os consumos de energia das áreas administrativas e laboratórios, bem como os consumos de água, águas residuais e resíduos gerados nesses locais. Além disso, não foram contabilizadas as cargas ambientais associadas às infraestruturas e fabrico de equipamentos (bens de capital).

5.5. Inventário do ciclo de vida

5.5.1. Recolha de dados e procedimentos de cálculo

A recolha de dados e os procedimentos de cálculo obedecem às recomendações descritas na ISO 14044 (IPQ, 2010). Os dados usados no relatório de suporte para a realização da ACV do *Artcomfort Floating NPC* referem-se ao fabrico deste produto no ano de 2013, sendo facultados pela Amorim Revestimentos, e complementados na base de dados *Ecoinvent* e outras fontes bibliográficas identificadas ao longo do documento. Para processos em que o produtor não tem qualquer influência ou

informação específica, como por exemplo a extração de matérias-primas ou produção de eletricidade, recorreu-se aos dados genéricos da base de dados *Ecoinvent*.

5.5.2. Dados/ requisitos de qualidade de dados de fundo

Como é descrito no PCR - Parte A, os requisitos de qualidade dos dados devem estar de acordo com as normas EN 15804 e CEN/TR 15941:2010.

Cobertura regional

Os conjuntos de dados utilizados no processo de modelação provenientes da base de dados são, sempre que possível, baseados em dados europeus. Quando os conjuntos de dados com estes requisitos não estão disponíveis, deve ser escolhido um conjunto de dados mais aproximados. No caso do processo foram utilizados dados reais.

Idade dos dados

Os conjuntos de dados utilizados a partir da base de dados *Ecoinvent* 3 e devem ter sido atualizados nos últimos 10 anos. Os dados específicos do fabricante são referentes ao ano de produção média de 2013.

Cobertura tecnológica

Os conjuntos de dados usados para modelar processos de produção de pré-produtos refletem a realidade física e a tecnologia utilizada. Para cada processo / material utilizado na modelação do processo de produção foram utilizados, sempre que possível, conjuntos de dados representativos das tecnologias utilizadas.

Plausibilidade

A fim de verificar a plausibilidade dos dados sempre que existiam diferentes processos de produção para um mesmo produto foi realizada uma comparação para selecionar o mais adequado.

Abrangência (Completo/incompleto)

O tratamento dos dados em falta e outras lacunas de dados são abordados no relatório, sempre que ocorrem. Por exemplo, a falta de dados medidos relativos às emissões da caldeira de biomassa foi colmatada pela utilização de fatores de emissão obtidos na bibliografia. Os processos de produção dos produtos de revestimentos foram avaliados e modelados de acordo com a realidade. As etapas do processo abordadas são completas de acordo com os objetivos e limites do estudo, portanto, também são suficientes para chegar a conclusões.

Consistência

Os critérios para colmatar as lacunas de dados e o uso de dados genéricos foram aplicados de forma consistente ao longo do estudo.

Confiança da fonte

A confiança nas fontes dos conjuntos de dados é assegurada através da análise da fonte de informação e estabelecendo se é adequada para o estudo desenvolvido. Todas as fontes de dados foram analisadas e foram utilizadas apenas quando

consideradas de confiança.

Significância e representatividade

Sempre que estavam disponíveis diferentes conjuntos de dados para modelar os mesmos processos, as suas diferenças foram determinadas, a fim de adotar aqueles que melhor se adaptassem à finalidade e fossem mais adequados.

5.5.3. Alocação

Nas fábricas de Oleiros e Lourosa, onde é fabricado o *Artcomfort Floating NPC*, tem lugar a produção de outros produtos de pavimentação, além do *Artcomfort Floating NPC*. Tendo em conta esta limitação, foi realizado um processo de alocação, a fim de saber quais as entradas e saídas que correspondem ao processo de fabrico deste produto. Os dados de ambas as fábricas foram tratados separadamente, uma vez que a produção é independente.

Assim, sempre que possível, a alocação foi evitada por divisão dos processos unitários, pelo que apenas foram consideradas as operações subjacentes à produção do produto em análise. Para além disso, para estas operações foi considerado que as cargas ambientais por m² de produto produzido em cada uma delas são equivalentes para todos os produtos.

5.5.4. Dados do inventário para os módulos informativos A1, A2 e A3

Nos subcapítulos 5.5.5 e 5.5.6. é descrito cada módulo informativo em detalhe. Além disso, serão apresentadas todas as entradas de matérias-primas, pré-produtos, energia, água e saídas de produtos, coprodutos, resíduos e emissões.

Para a modelação do transporte de pré-produtos e matérias-primas (módulo A2), foi considerada a informação sobre o tipo de camiões, carga máxima indicada no inventário fornecido pela Amorim Revestimentos. Esta análise apenas contemplará as cargas ambientais associadas ao consumo do combustível *diesel*. As cargas das infraestruturas (fabrico de veículos, manutenção das estradas) não serão consideradas. Nos casos em que o camião faz a viagem de volta vazio, a distância alocada ao transporte do produto é o dobro da distância percorrida até ao fabricante, uma vez que é assumido que as cargas do transporte da viagem de volta são associadas aos produtos que são transportados até ao fabricante. Sempre que o camião é carregado na sua totalidade numa viagem de retorno apenas foi considerada a distância entre o fornecedor e o fabricante.

5.5.5. Produção de *broken* no Amorim Florestal e modelação de pré-produtos

O tipo de cortiça usado neste processo de produção é chamado de *broken*. O fornecedor do *broken* é o Amorim Florestal. A cortiça em bruto é recebida no Amorim Florestal e é preparada para ser distribuída para as unidades industriais do grupo Amorim, segundo a sua qualidade. A cortiça tem diferentes designações consoante o

seu período de extração, que também corresponde a diferentes níveis de qualidade. O primeiro descortiçamento do sobreiro dá origem a cortiça virgem com uma superfície exterior bastante irregular. A fase seguinte de descortiçamento proporciona uma cortiça com uma face mais uniforme, designada de cortiça de reprodução. A primeira cortiça de reprodução, ainda com algumas irregularidades, tem como nome específico “secundeira” e é usada, especialmente para a trituração, obtendo-se assim granulados e fabrico de painéis aglomerados. É só no terceiro descortiçamento e nos seguintes, que se obtém a cortiça com as propriedades adequadas para a produção de rolhas de qualidade, e é chamada cortiça amadia ou de reprodução. A partir desta altura, o sobreiro fornecerá, de nove em nove anos, cortiça com boa qualidade durante cerca de século e meio, produzindo, em média, 15 a 16 descortiçamentos durante toda a sua vida. Do espólio da poda é obtida a “falca”, que consiste numa mistura de cortiça virgem, casca interna e madeira, removida tradicionalmente com um machado ou enxó de galhos, ou com equipamento elétrico específico. O produto de cortiça que é enviado para a Amorim Revestimentos é chamado *broken* e resulta de um processo de trituração da “falca”.

A fim de produzir 1 kg de *broken* é preciso 1,4 kg de cortiça em bruto do tipo “falca” e 0,017kWh de eletricidade consumida na trituração (informação fornecida pela Amorim Revestimentos). A Tabela 6 ilustra a quantidade de cortiça em bruto e energia usada, as fontes dos dados usados para a produção de falca e de eletricidade da base de dados *Ecoinvent* utilizada para modelar este processo. Durante a trituração 40% da cortiça em bruto usada no processo constitui resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados noutros processos. As cargas ambientais destes resíduos não são consideradas na avaliação, uma vez que podem ser utilizados como materiais secundários.

Tabela 6 - Produção de 1 kg *broken*

Processos de entrada	Quantidade	Unid.	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>
Cortiça “falca”	1,40E+00	kg	Novo conjunto de dados: baseado em (González-García, et al., 2013)
Eletricidade da rede portuguesa	1,70E-02	kWh	“Electricity, high voltage {PT} market for Alloc Def, U” – atualizado para 2013

5.5.6. Processo de produção do *Artcomfort Floating NPC*

5.5.6.1. Produção da camada base de cortiça aglomerada

A Figura 9 mostra o processo de produção da camada base de cortiça aglomerada.

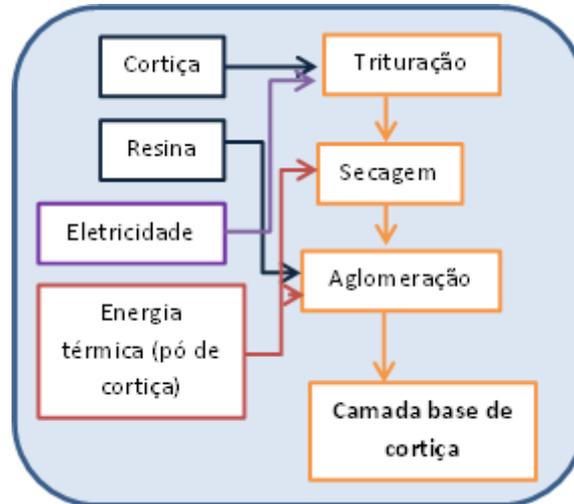


Figura 9. Processo de produção da camada base de cortiça aglomerada

Este processo tem lugar na unidade industrial de Oleiros. Esta fase requer o uso de *broken*, previamente triturado no Amorim Florestal e transportado para a Amorim Revestimentos, onde é realizada uma separação das impurezas da matéria-prima. Posteriormente sofre um processo de trituração, seguido da divisão, por tamanho e densidades, dos granulados resultantes.

Após este processo, os granulados triturados são secos a frio a uma temperatura inferior a 3°C. O secador requer o consumo energia térmica produzida na caldeira através da queima de pó de cortiça, da qual resultam emissões atmosféricas.

Posteriormente à fase de secagem, o material é armazenado em silos. A fase de aglomeração consiste na junção de cortiça com resina devido à ação da energia térmica produzida na caldeira, levando à aglomeração dos granulados. De seguida, o produto é prensado, numa prensa contínua, seguido de uma fase de estabilização de cerca de 48 horas. No final da prensagem o colchão é cortado em placas na dimensão pretendida. Após a aglomeração, os blocos sofrem uma pré-lixagem, sendo posteriormente submetidos a um ambiente com humidade e temperatura controlada onde ficam alguns dias em estabilização num armazém. Após a estabilização as placas passam por um processo de lixagem.

Materiais

Os dados referentes ao transporte dos produtos de cortiça e resina foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a unidade industrial do fabricante e o tipo de transporte utilizado.

Os fragmentos de cortiça rejeitados ao longo do processo são reutilizados internamente, por isso considerou-se como um fluxo interno, uma vez que não há modificação nas propriedades do material e que a cortiça reutilizada substitui completamente o uso da mesma quantidade de *broken* (cortiça em bruto). A reutilização da cortiça no processo de produção representa assim um benefício resultante da prevenção do uso de cortiça em bruto. Na produção da camada base na unidade industrial de Oleiros foi considerada a utilização de 94% de *broken* e 7% de cortiça reutilizada do processo (Tabela 7).

Tabela 7 – Consumo de cortiça reutilizada durante o processo de produção de 1 m² de camada base

Materiais	Quantidade	Unidade
Cortiça reutilizada	1,53E-01	kg

Na Tabela 8 são apresentadas as quantidades de resina e *broken* usadas na produção da camada base de cortiça aglomerada, bem como os dados do seu transporte e a designação dos processos associados à sua produção na base de dados *Ecoinvent*.

Tabela 8 - Conjunto de dados dos pré-produtos utilizados no processo de produção de 1 m² de camada base

Pré-produtos	Descrição	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Resina	Resina de melanina e ureia em solução aquosa	"Melamine formaldehyde resin {RER} production Alloc Def, U"	2,53E-01	kg
	Tipo: camiã Distância: 50 km Carga máxima: 24 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	2,53E-02	tkm
Cortiça (<i>Broken</i>)	Cortiça (<i>Broken</i>)	Novo conjunto de dados: baseado em dados do subcapítulo 5.5.5.	2,21E+00	kg
	Tipo: camiã Distância: 338 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,49E+00	tkm

A composição da resina usada baseou-se em informação de fichas técnicas e de segurança.

Consumo de energia

Nesta fase, é usada energia elétrica e térmica. A energia térmica é produzida a partir da queima de pó de cortiça numa caldeira industrial de biomassa. Ambos os valores de consumo de energia elétrica e térmica, representam a energia exigida na produção de 1m² de camada base (Tabela 9).

Tabela 9 - Energia utilizada na produção de 1 m² de camada base

Fonte de Energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Elétrica	“Electricity, high voltage {PT} market for Alloc Def, U” – atualizado para 2013	2,22E-01	kWh
Térmica	Novo conjunto de dados: baseado nos dados do capítulo 5.5.6.2.	1,00E+01	MJ

Segundo a Amorim Revestimentos, o poder calorífico do pó de cortiça é cerca de 14,65 MJ/kg. Como mencionada, a produção de energia térmica a partir de biomassa causa emissões de vários poluentes.

Consumo de água

A produção da camada base não necessita de água.

Produção de resíduos/ subprodutos

Os resíduos/ subprodutos associados a este processo são pó de cortiça, cinzas, pedras e Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos (REEE). A Tabela 10 mostra os resíduos produzidos durante o processo e seu destino final, devido à produção de 1 m² de camada base.

Tabela 10 - Produção de resíduos na produção de 1 m² de camada base

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Caldeira	Pó de cortiça	Novo conjunto de dados: baseado nos dados do subcapítulo 5.5.6.2.	9,87E-01	kg
Valorização agrícola	Cinzas	"Compost (waste treatment) {GLO} field application of compost Alloc Def, U"	1,99E-02	kg
	Tipo: caminhão Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,62E-03	tkm
Reciclagem	Pedras	"Inert waste (waste treatment) {RoW} treatment of inert waste, sanitary landfill Alloc Def, U"	6,55E-3	kg
	Tipo: caminhão Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	5,31E-03	tkm
Valorização	REEE	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	3,77E-06	kg
	Tipo: caminhão Distância: 9,8 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	7,39E-8	tkm

5.5.6.2. Caldeira da Amorim Revestimentos de Oleiros

Nesta fase são apresentadas todas as entradas e saídas referentes à queima de pó de cortiça na caldeira da unidade de Oleiros, que produz a camada base de cortiça.

Materiais

O principal combustível utilizado é o pó de cortiça, sendo também usado gás natural durante o arranque da caldeira. Na Tabela 11 é apresentada a quantidade (em massa) do pó e do gás natural usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça.

Tabela 11 – Combustíveis usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça

Pré-produto	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Gás natural	“Natural gas, high pressure {RoW} market for Alloc Def, U”	6,74E-02	MJ
Pó de cortiça	-	6,30E-01	kg

Consumo de energia

A caldeira exige o consumo de energia elétrica. Na Tabela 12 são apresentados os consumos de energia desta fase.

Tabela 12 - Energia usada na caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça

Fonte de energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Eletricidade	“Electricity, high voltage {PT} market for Alloc Def, U” – atualizado para 2013	5,23E-02	kWh

Emissões atmosféricas

A Amorim Revestimentos apenas realiza a monitorização de três poluentes resultantes da combustão da caldeira, nomeadamente as partículas (PM), óxidos de azoto (NOx) e Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). Para preencher a falha de dados, foram considerados fatores de emissão relativos a queima de biomassa, obtidos na bibliografia da *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP) (Trozzi et al., 2013) e da *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (Gómez et al., 2006). As emissões dos poluentes monitorizados substituem as respetivas emissões no conjunto de dados utilizados. Na Tabela 13 são apresentadas as emissões atmosféricas resultantes da queima do pó de cortiça na caldeira.

Tabela 13 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de pó de cortiça na caldeira

Poluente	Valor	Unidade	Fonte
NO _x	6,86E-03	g/m ²	AR
CO	5,70E-07	g/J	EMEP
NMVOC	2,39E-03	g/m ²	AR
SO ₂	1,10E-08	g/J	EMEP
NH ₃	3,70E-08	g/J	EMEP
TSP	1,50E-07	g/J	EMEP
PM	2,18E-03	g/m ²	AR
BC	2,80E+01	% de PM _{2,5}	EMEP
Pb	2,70E-08	mg/J	EMEP
Cd	1,30E-08	mg/J	EMEP
Hg	5,60E-10	mg/J	EMEP
As	1,90E-10	mg/J	EMEP
Cr	2,30E-08	mg/J	EMEP
Cu	6,00E-09	mg/J	EMEP
Ni	2,00E-09	mg/J	EMEP
Se	5,00E-10	mg/J	EMEP
Zn	5,12E-07	mg/J	EMEP
PCBs	6,00E-11	mg/J	EMEP
PCDD/F	1,00E-07	ng I-TEQ/J	EMEP
Benzo(a)pyrene	1,00E-08	mg/J	EMEP
Benzo(b)fluoranthene	1,60E-08	mg/J	EMEP
Benzo(k)fluoranthene	5,00E-09	mg/J	EMEP
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	4,00E-09	mg/J	EMEP
HCB	5,00E-09	mg/J	EMEP
CO ₂	1,12E-01	kg/MJ	IPCC
CH ₄	3,00E-05	kg/MJ	IPCC
N ₂ O	4,00E-06	kg/MJ	IPCC

Neste processo também foram consideradas as emissões relativas ao gás natural. Para preencher a falha de dados, foram considerados fatores de emissão relativos a queima de gás natural, obtidos na bibliografia da *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP) (Trozzi et al., 2013) e da *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (Gómez et al., 2006). Na Tabela 14 são apresentadas as emissões atmosféricas resultantes da queima de gás natural na no arranque caldeira.

Tabela 14 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de gás natural no arranque da caldeira

Poluente	Valor	Unidade	Fonte
CO ₂	5,61E-02	kg/MJ	IPCC
CH ₄	1,00E-06	kg/MJ	IPCC
N ₂ O	1,00E-07	kg/MJ	IPCC
NO _x	7,40E-05	kg/MJ	EMEP
CO	2,90E-05	kg/MJ	EMEP
NM _{VOC}	2,30E-05	kg/MJ	EMEP
SO ₂	6,70E-07	kg/MJ	EMEP
TSP	7,80E-07	kg/MJ	EMEP
PM	7,80E-07	kg/MJ	EMEP
BC	4,00E+00	% de PM _{2,5}	EMEP
Pb	1,10E-11	kg/MJ	EMEP
Cd	9,00E-13	kg/MJ	EMEP
Hg	5,40E-10	kg/MJ	EMEP
As	1,00E-10	kg/MJ	EMEP
Cr	1,30E-11	kg/MJ	EMEP
Cu	2,60E-12	kg/MJ	EMEP
Ni	1,30E-11	kg/MJ	EMEP
Se	5,80E-11	kg/MJ	EMEP
Zn	7,30E-10	kg/MJ	EMEP
PCDD/F	5,20E-10	ng I-TEQ/GJ	EMEP
Benzo(a)pyrene	7,20E-10	kg/MJ	EMEP
Benzo(b)fluoranthene	2,90E-09	kg/MJ	EMEP
Benzo(k)fluoranthene	1,10E-09	kg/MJ	EMEP
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	1,08E-09	kg/MJ	IPCC

Produção de resíduos/ subprodutos

A produção de resíduos/ subprodutos associada a este processo é maioritariamente cinzas. Na Tabela 15 podemos observar a produção de resíduos durante este processo e o seu destino final. A produção deste material deve-se à produção de 1m² de produto acabado.

Tabela 15 - Produção de resíduos resultantes da caldeira da produção de 1 m² de produto acabado

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Valorização agrícola	Cinzas	“Compost (waste treatment) {GLO} field application of compost Alloc Def, U”	2,70E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	2,03E-03	tkm

5.5.6.3. Produção da camada *backing* de cortiça aglomerada

A Figura 10 mostra o processo de produção da camada *backing*.

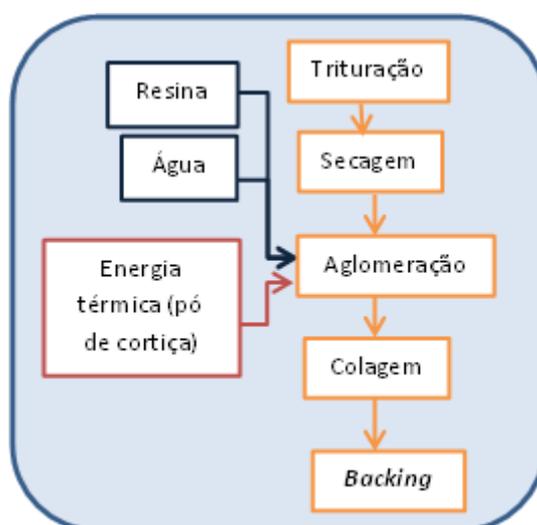


Figura 10. Processo de produção da camada *backing*

O processo de produção da camada *backing* tem lugar na unidade industrial de Lourosa. O *broken* chega à Amorim Revestimentos e é realizada uma separação das impurezas e a pré-trituração, posteriormente sofre um processo de trituração seguido da secagem, e numa fase posterior é misturada a resina com o triturado. Esta mistura é colocada num molde metálico e através de prensagem, temperatura e tempo é formado um bloco. Numa fase posterior, dá-se a colagem de dois blocos pelo topo para se obter o comprimento pretendido para este material. De seguida, é realizada a laminagem do bloco, para a obtenção de folha de *backing* com a espessura pretendida (1,2 mm).

Materiais

A Tabela 16 ilustra a quantidade (em massa) dos produtos de cortiça e resina utilizados para produzir a camada *backing*. Os dados referentes ao transporte dos produtos foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a unidade industrial do fabricante e o tipo de transporte utilizado. Estes dados são referentes à produção de 1 m² de camada *backing*.

Tabela 16 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m² de camada *backing*

Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>		Quant.	Unid.
Cortiça (<i>broken</i>)	Cortiça (<i>broken</i>)	Novo conjunto de dados: baseado em dados do subcapítulo 5.5.5.	2,94E-01	kg
	Tipo: camião Distância: 338 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	1,99E-01	tkm
Resina	Resina com base em MDI e polióis, onde está incluído poliálcool com origem vegetal	“Melamine formaldehyde resin {RER} production Alloc Def, U”	3,10E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 50 km Carga máxima: 24 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	3,10E-03	tkm

A composição da resina usada baseou-se em informação de fichas de técnicas e de segurança.

Consumo de Energia

Nesta fase é utilizada energia elétrica e térmica. A energia térmica provém da queima de pó de cortiça da caldeira da AR. Na Tabela 17 é apresentado o consumo de eletricidade e energia térmica neste processo.

Tabela 17 - Energia usada para a produção de 1 m² de camada *backing*

Fonte de energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Eletricidade	“Electricity, medium voltage, at grid/PT U” - atualizado para 2013	5,30E-01	kWh
Energia térmica	Novo conjunto de dados: baseado nos dados do capítulo 5.5.6.4.	2,22E+00	MJ

Consumo de água

A produção da camada *backing* de cortiça inclui o consumo de água, na limpeza das máquinas. Na Tabela 18 são apresentadas as quantidades de água consumida ao longo deste processo e o conjunto de dados usados na modelação.

Tabela 18 - Consumo de água utilizada para a produção de 1 m² de camada *backing*

Fonte de água	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Água subterrânea de um furo	Novo conjunto de dados: baseado em (Lemos, 2011)	4,56E-02	dm ³

Produção de resíduos/ subprodutos

Os resíduos/ subprodutos produzidos neste processo são pó de cortiça, pedras, rafia, sucata e cinzas. A Tabela 19 mostra os resíduos produzidos durante este processo e o seu destino final. A produção destes materiais é relativa à produção de 1 m² de camada *backing*.

Tabela 19 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m² de camada *backing*

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Caldeira	Pó de cortiça	Novo conjunto de dados: baseado nos dados do capítulo 5.5.6.4.	1,48E-02	kg
Valorização agrícola	Cinzas	"Compost (waste treatment) {GLO} field application of compost Alloc Def, U"	4,13E+00	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	3,36E-01	tkm
Reciclagem	Ráfia	"Inert waste (waste treatment) {RoW} treatment of inert waste, sanitary landfill Alloc Def, U"	2,37E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,5 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,95E-03	tkm
	Pedras	"Inert waste (waste treatment) {RoW} treatment of inert waste, sanitary landfill Alloc Def, U"	3,94E-04	kg
	Tipo: camião Distância: 40,5 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,95E-03	tkm
	Sucata	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	1,00E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 40,5 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	18,10E-05	tkm

Produção de águas residuais

A água utilizada neste processo é enviada para tratamento na ETAR do grupo Amorim. Na Tabela 20 pode-se observar a quantidade de água que é enviada para a ETAR, bem como o conjunto de dados utilizados na modelação do tratamento de efluentes resultantes deste processo. A quantidade de águas residuais resultantes deste processo é superior à utilização de águas. Isto acontece devido ao uso de componentes que são dissolvidos na água, tais como resinas.

Tabela 20 - Produção de águas residuais resultantes da produção de 1 m² de camada *backing*

Saída	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Águas residuais	"Wastewater from fibreboard production (waste treatment) {RoW} treatment of, capacity 5E9l/year Alloc Def, U"	3,78E-01	dm ³

5.5.6.4. Caldeira da Amorim Revestimentos de Lourosa

Nesta fase são apresentadas todas as entradas e saídas referentes à queima de pó de cortiça na caldeira da unidade de Lourosa, que produz a camada *backing* de cortiça.

Materiais

O principal combustível utilizado é o pó de cortiça, sendo também usado gás natural durante o arranque da caldeira. Na Tabela 21 é apresentada a quantidade (em massa) de pó e gás natural usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça.

Tabela 21 - Combustíveis usados na queima de 1 MJ de pó de cortiça

Pré-produto	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Gás natural	"Natural gas, high pressure {RoW} market for Alloc Def, U"	1,47E-02	MJ
Pó de cortiça	-	1,70E+00	kg

Consumo de Energia

A caldeira exige um consumo de energia elétrica. Na Tabela 22 são apresentados os consumos de energia desta fase.

Tabela 22 - Energia usada na caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça

Fonte de energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Eletricidade	"Electricity, medium voltage, at grid/PT U" - atualizado para 2013	7,29E-03	kWh

Emissões atmosféricas

Como descrito anteriormente, na Amorim Revestimentos apenas são monitorizados três poluentes resultantes da combustão da caldeira, por isso estes dados foram completos com dados de um processo semelhante., obtidos na bibliografia (Gómez et al., 2006; Trozzi et al., 2013). As emissões dos poluentes monitorizados substituem as respetivas emissões no conjunto de dados utilizados. Na Tabela 23 são apresentadas as emissões atmosféricas resultantes da queima do pó de cortiça na caldeira.

Tabela 23 - Emissões atmosféricas resultantes da queima de pó de cortiça na caldeira

Poluente	Valor	Unidade	Fonte
NO _x	6,86E-03	g/m ²	AR
CO	5,70E-07	g/J	EMEP
NMVOG	2,39E-03	g/m ²	AR
SO ₂	1,10E-08	g/J	EMEP
NH ₃	3,70E-08	g/J	EMEP
TSP	1,50E-07	g/J	EMEP
PM	2,18E-03	g/m ²	AR
BC	2,80E+01	% de PM _{2,5}	EMEP
Pb	2,70E-08	mg/J	EMEP
Cd	1,30E-08	mg/J	EMEP
Hg	5,60E-10	mg/J	EMEP
As	1,90E-10	mg/J	EMEP
Cr	2,30E-08	mg/J	EMEP
Cu	6,00E-09	mg/J	EMEP
Ni	2,00E-09	mg/J	EMEP
Se	5,00E-10	mg/J	EMEP
Zn	5,12E-07	mg/J	EMEP
PCBs	6,00E-11	mg/J	EMEP
PCDD/F	1,00E-07	ng I-TEQ/J	EMEP
Benzo(a)pyrene	1,00E-08	mg/J	EMEP
Benzo(b)fluoranthene	1,60E-08	mg/J	EMEP
Benzo(k)fluoranthene	5,00E-09	mg/J	EMEP
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	4,00E-09	mg/J	EMEP
HCB	5,00E-09	mg/J	EMEP
CO ₂	1,12E-01	kg/MJ	IPCC
CH ₄	3,00E-05	kg/MJ	IPCC
N ₂ O	4,00E-06	kg/MJ	IPCC

Como mencionado anteriormente, também neste processo são consideradas as emissões relativas ao gás natural. Para preencher a falha de dados, foram considerados fatores de emissão relativos a queima de gás natural, obtidos na bibliografia (Gómez et al., 2006; Trozzi et al., 2013). Na Tabela 14 são apresentadas as emissões atmosféricas resultantes da queima de gás natural na no arranque caldeira.

Produção de resíduos/ subprodutos

A produção de resíduos/ subprodutos associados a este processo é maioritariamente cinzas. Na Tabela 24 podemos observar a produção de resíduos durante o processo de queima na caldeira de 1 MJ de pó de cortiça e o seu destino final.

Tabela 24 - Produção de resíduos resultantes da caldeira na queima de 1 MJ de pó de cortiça

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Valorização agrícola	Cinzas	“Compost (waste treatment) {GLO} field application of compost Alloc Def, U”	6,60E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	1,57E-02	tkm

5.5.6.5. Montagem das camadas da base, *backing* e HDF (sandwich)

Esta fase consiste na aplicação de cola e prensagem a frio das placas de cortiça da base e *backing* e do HDF, para fazer a sandwich. A Figura 11 mostra o processo de montagem, incluindo as suas entradas e saída.

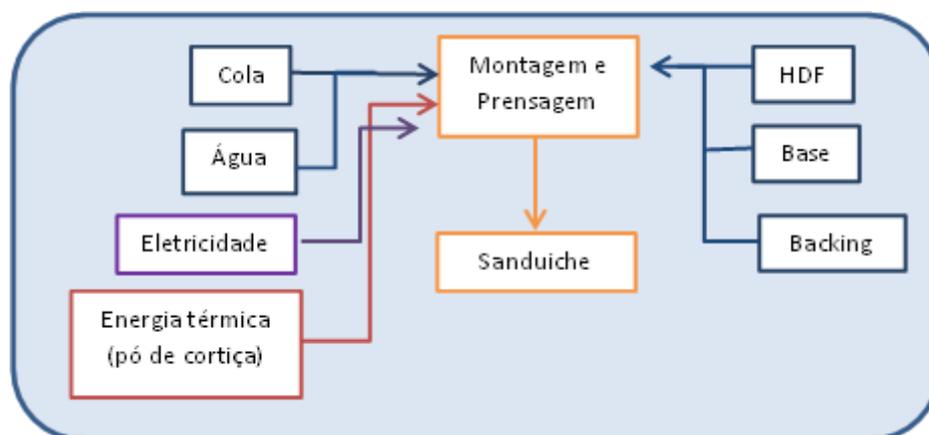


Figura 11. Processo d montagem da sandwich

Materiais

A Tabela 25 apresenta a quantidade (em massa) de cada tipo de material utilizado nesta fase, assim como a fonte dos dados utilizados para modelar a produção dos diferentes materiais. Os dados referentes ao transporte dos produtos foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a fábrica do fabricante e o tipo de transporte utilizado.

Tabela 25 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m² de sanduiche

Pré-produto	Descrição	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Cola	Cola com base em MDI e polióis de origem vegetal	"Vinyl acetate {RER} production Alloc Def, U"	1,11E-01	kg
	Tipo: camião Distância: 183 km Carga máxima: 24 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	8,11E-02	tkm
Placas de HDF	Placas de HDF, 6 mm de largura	"Fibreboard, hard {RER} production Alloc Def, U" - atualizado	6,90E-03	m ²
	Tipo: camião Distância: 122 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	2,24E+00	tkm
<i>Backing</i>	Placas de <i>backing</i>	Novo conjunto de dados: baseado em dados do subcapítulo 5.5.6.3.	8,64	kg
	Tipo: camião Distância: 7 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	6,05E-02	tkm
Base	Placas de cortiça aglomerada	Novo conjunto de dados: baseado em dados do subcapítulo 5.5.6.1.	8,64	kg

A composição da cola usada neste processo baseou-se em informação de fichas técnicas e de seguranças.

Consumo de Energia

A fase de montagem requer consumo de energia elétrica e térmica apresentadas na Tabela 26. A energia térmica é produzida a partir da queima de pó de cortiça numa caldeira industrial de biomassa. Ambos os valores de consumo de energia elétrica e térmica, representam a energia exigida na produção de 1m² de sanduiche.

Tabela 26 - Energia usada na na produção de 1 m² de sanduiche

Fonte de energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Eletricidade	"Electricity, high voltage {PT} market for Alloc Def, U" – atualizado para 2013	3,93E-02	kWh
Energia térmica	Novo conjunto de dados: baseado nos dados do capítulo 5.5.6.2.	5,99E-01	MJ

Consumo de água

A fase de montagem da sanduiche também exige a utilização de água, por exemplo na lavagem de máquinas (Tabela 27).

Tabela 27 – Consumo de água usada na produção de 1 m² de sanduiche

Fonte de água	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Água subterrânea de um furo	Novo conjunto de dados: com base em (Lemos, 2011)	6,45E-03	dm ³

Produção de resíduos/ subprodutos

Os resíduos/ subprodutos produzidos neste processo consistem em resíduos de cola, papel, REEE e plásticos. Na Tabela 28 é apresentada a produção de resíduos durante este processo e o seu destino final. A produção deste material é uma média das saídas devido à produção de 1 m² de produto acabado.

Tabela 28 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m² de sanduiche

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Aterro	Resíduos de colas	“Waste paint (waste treatment) {RoW} treatment of waste paint, sanitary landfill Alloc Def, U”	2,73E-04	kg
	Tipo: camião Distância: 32 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	1,75E-05	tkm
Valorização	Papel	“Recycling paper/RER U”	4,57E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	3,71E-03	tkm
	REEE	“Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U”	1,59E-04	kg
	Tipo: camião Distância: 9,8 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	3,12E-06	tkm
	Plástico	“Recycling mixed plastics/RER U”	6,16E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	“Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U”	5,00E-03	tkm

Produção de águas residuais

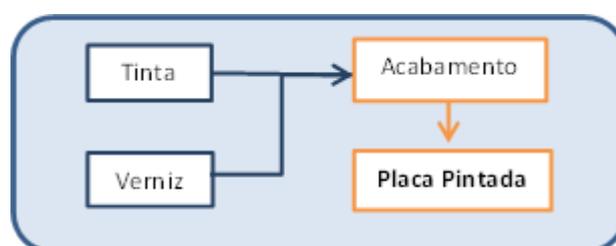
A água usada na fase de montagem da sanduiche é enviada para tratamento na ETAR do grupo Amorim. A quantidade de efluentes, resultante deste processo é superior à quantidade de água subterrânea utilizada. Isto acontece devido às resinas e outros componentes que são dissolvidos na água, como a cola. Na Tabela 29 é apresentado o conjunto de dados utilizado na modelização do tratamento de efluentes deste processo.

Tabela 29 - Produção de águas residuais resultante da produção de 1 m² de sanduiche

Saída	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Águas residuais	"Wastewater from fibreboard production (waste treatment) {RoW} treatment of, capacity 5E9l/year Alloc Def, U"	8,83E-03	dm ³

5.5.6.6. Produção da placa pintada

Nesta fase tem-se aplicação de vernizes para preparação da superfície para impressão e na impressão do desenho, onde todas as camadas de verniz e a impressão são curadas por túneis UV. A Figura 12 mostra o processo de montagem, incluindo as suas entradas e saída.

**Figura 12.** Processo de produção da placa pintada

Materiais

Nesta fase, os principais materiais utilizados são tinta e diferentes vernizes. A Tabela 30 mostra a quantidade (em massa) de cada tipo de material utilizado nesta fase, bem como a fonte dos dados utilizados para modelar a produção dos diferentes materiais. Os dados referentes ao transporte dos produtos foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a fábrica do fabricante e o tipo de transporte utilizado.

Tabela 30 - Conjunto de dados utilizados para a produção de 1 m² de placa pintada

Pré-produto	Descrição	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Tinta (Rho Roll Ink)	Tinta à base de água	"Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Alloc Def, U"	6,00E-04	kg
	Tipo: camião Distância: 2100 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	4,20E-03	tkm
13246 - Primer 167-000-16030	Composto por acrilato ligante, acrilato funcional diluído num agente fotoiniciador, aditivos e um agente de fosqueamento	"Acrylic binder, without water, in 34% solution state {RER} acrylic binder production, product in 34% solution state Alloc Def, U"	6,70E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 2200 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	8,67E-02	tkm
13247 - Sealer white 161-900-16031	Composto por acrilato ligante, acrilato funcional diluído num agente fotoiniciador, aditivos e um agente de fosqueamento	"Acrylic binder, without water, in 34% solution state {RER} acrylic binder production, product in 34% solution state Alloc Def, U"	2,79E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 2200 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	3,61E-01	tkm
13248 - Sealer white 161-900-16032	Composto por acrilato ligante, acrilato funcional diluído num agente fotoiniciador, aditivos e um agente de fosqueamento	"Acrylic binder, without water, in 34% solution state {RER} acrylic binder production, product in 34% solution state Alloc Def, U"	1,66E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 2200 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	2,14E-01	tkm

A composição dos vernizes usados baseou-se em informação de fichas técnicas e de segurança.

Consumo de Energia

Nesta fase não existem consumos de energia.

Produção de resíduos/ subprodutos

Os resíduos/ subprodutos associados a este consiste em lixo comum, papel, REEE, plástico e sucata. Na Tabela 31 podemos observar a produção de resíduos durante este processo e o seu destino final. A produção deste material é referente à produção de 1 m² de produto acabado.

Tabela 31 - Produção de resíduos resultantes da produção de 1 m² de placa pintada

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Aterro	Resíduos indiferenciados	"Inert waste (waste treatment) {RoW} treatment of inert waste, sanitary landfill Alloc Def, U"	9,54E-01	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	7,75E-02	tkm
Valorização	Papel	"Recycling paper/RER U"	4,33E-01	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	3,52E-02	tkm
	REEE	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	1,5E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 9,8 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	2,90E-05	tkm
	Plástico	"Recycling mixed plastics/RER U"	5,84E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	4,74E-02	tkm
	Sucata	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	1,04E+00	kg
	Tipo: camião Distância: 40,5 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	8,45E-02	tkm

5.5.6.7. Produção da placa acabada e corte

Esta fase consiste na aplicação do acabamento, constituído por verniz PUR HC e por duas camadas de verniz UV Top Coat. A camada de PUR HC é aplicada por rolo, em que o bidão que contém o verniz e o sistema de aplicação (rolo) são aquecidos. Este produto endurece às condições atmosféricas. As duas camadas de UV Top Coat são curadas por tuneis UV. Após aplicação do acabamento o material fica em estabilização (stock) no mínimo 24 horas antes de poder ser cortado. Na fase seguinte, ocorre o pré-corte, depois o corte que faz o perfil do encaixe, e posteriormente é feita a marcação do número de *backing*, ou seja o número para rastreabilidade do produto que fica impresso no *backing* das placas. A Figura 13 mostra o processo de acabamento e corte, incluindo as suas entradas e saídas.

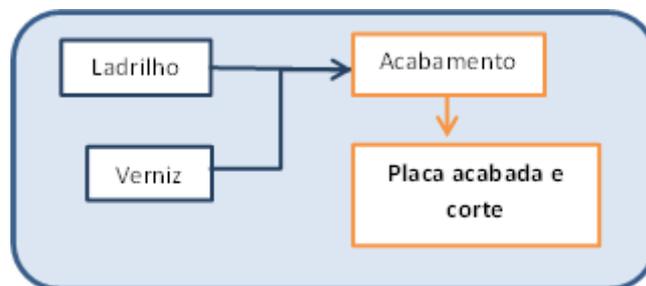


Figura 13. Processo de produção da placa acabada e corte

Materiais

Nesta fase, os principais materiais utilizados são vernizes. A Tabela 32 apresenta a quantidade (em massa) de cada tipo de verniz utilizado nesta fase, bem como a fonte dos dados utilizados para modelar a produção dos diferentes materiais. Os dados referentes ao transporte dos produtos foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a fábrica do fabricante e o tipo de transporte utilizado.

Tabela 32 - Conjunto de dados utilizados nos processos de produção de 1 m² de placa acabada e corte

Pré-produto	Descrição	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
PUR HC VP9383/495	Verniz à base de poliuretano	"Acrylic binder, without water, in 34% solution state {RER} acrylic binder production, product in 34% solution state Alloc Def, U"	3,69E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 2100 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	4,56E-01	tkm
TopCoat for HC 659003	Capa protetora à base de acrilatos	"Acrylic binder, without water, in 34% solution state, acrylic binder production, production in 34% solution state, ReR U"	4,08E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 2100 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	5,04E-02	tkm

A composição dos diferentes materiais e aditivos usados baseou-se em informação de fichas técnicas e de segurança.

Consumo de Energia

A fase de acabamento e corte requer o consumo de energia elétrica. Na Tabela 33 são apresentados os consumos de energia desta fase, bem como da fase seguinte (embalagem).

Tabela 33 - Energia consumido nos processos de produção de 1 m² de placa acabada, corte e embalagem

Fonte de energia	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Eletricidade	"Electricity, high voltage {PT} market for Alloc Def, U" – atualizado para 2013	2,38E-01	kWh

Produção de resíduos/ subprodutos

Os resíduos/ subprodutos provenientes deste processo são lixo comum, papel, REEE, plástico e sucata. Na Tabela 34 podemos observar a produção de resíduos durante os processos de produção de 1 m² de placa acabada, corte e embalagem, assim como o seu destino final.

Tabela 34 - Produção de resíduos resultantes nos processos de produção de 1 m² de placa acabada, corte e embalagem

Tipo de tratamento final	Material	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Aterro	Resíduos indiferenciados	"Inert waste (waste treatment) {RoW} treatment of inert waste, sanitary landfill Alloc Def, U"	8,30E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	6,74E-03	tkm
Valorização	Papel	"Recycling paper/RER U"	3,77E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	3,06E-03	tkm
	REEE	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	1,00E-04	kg
	Tipo: camião Distância: 9,8 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,96E-06	tkm
	Plástico	"Recycling mixed plastics/RER U"	5,10E-03	kg
	Tipo: camião Distância: 40,6 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	4,14E-04	tkm
	Sucata	"Used industrial electronic device (waste treatment) {RoW} treatment of, WEEE collection Alloc Def, U"	9,08E-02	kg
	Tipo: camião Distância: 40,5 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	7,35E-03	tkm

5.5.6.8. Embalagem

Esta fase consiste na embalagem, (plástico + insert + paletização), ou seja as caixas são colocadas na paleta, retractor a paleta e colocar cintas na paleta. Na Figura 14 podemos observar o processo de embalagem, com todas as suas entradas e saída.

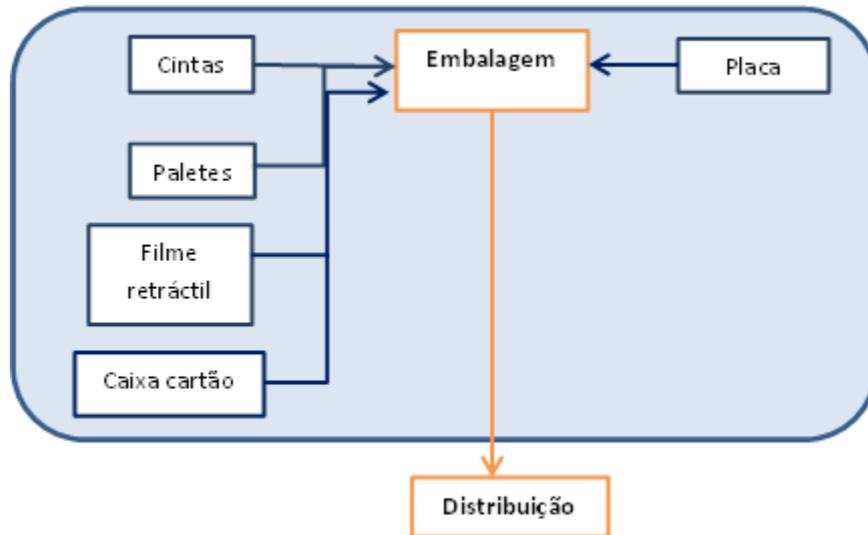


Figura 14. Processo de embalagem e distribuição

Materiais

Nesta fase, os principais materiais utilizados são papel, plástico e madeira. A Tabela 35 mostra a quantidade (em massa) de cada tipo de material utilizado nesta fase, bem como a fonte dos dados utilizados para modelar a produção dos diferentes materiais. Os dados referentes ao transporte dos produtos foram recolhidos pelo fabricante, considerando a distância entre o fornecedor e a fábrica do fabricante e o tipo de transporte utilizado.

Tabela 35 - Conjunto de dados utilizados no processo de embalagem de 1 m² de produto final

Pré-produto	Descrição	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quant.	Unid.
Papel	Papel Kraft utilizado no acondicionamento	"Kraft paper, unbleached {RER} production Alloc Def, U"	3,93E+00	g
	Tipo: camiã Distância: 2 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,57E-05	tkm
Plástico	Filme de plástico que consiste em polietilenos e polipropilenos utilizados no acondicionamento	"Packaging film, low density polyethylene {RER} production Alloc Def, U"	4,97E+00	g
	Tipo: camiã Distância: 112 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,11E-03	tkm
Madeira	Paletes de madeiras usadas no acondicionamento	"EUR-flat pallet {RER} production Alloc Def, U"	1,27E-02	p
	Tipo: camiã Distância: 42 km Carga máxima: 16 t Regressa vazio: sim	"Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 Alloc Def, U"	1,53E-02	tkm

Consumo de Energia

O consumo de energia elétrica na fase de embalagem está contemplado na fase anterior de acabamento e corte, uma vez que os dados fornecidos pela empresa AR relativos a esta fase estavam incluídos nos dados da produção da placa acabada e corte.

Produção de resíduos/ subprodutos

Também a produção de resíduos/ subprodutos foi incluída na fase de acabamento e corte, pois os dados fornecidos pela empresa AR relativos a esta fase estavam incluídos nos dados da produção da placa acabada e corte.

5.5.6.9. Transporte interno

O transporte interno de materiais, pré-produtos e produtos acabados na AR também foi contemplado neste inventário, através do consumo de combustível em empilhadoras (Tabela 36). A alocação do consumo de combustível no transporte interno foi feita considerando o mesmo m² de consumo de combustível para todos os produtos manufaturados em 2013.

Tabela 36 - Consumo de combustível por m² de produto manufaturado

Combustível	Quantidade	Unidade	Conjunto de dados <i>Ecoinvent</i>	Quantidade	Unidade
Diesel	5,57E-03	L	"Diesel, at regional storage/RER U"	4.68E-03	kg

6. Análise do inventário de ciclo de vida e impactes estimados

Neste capítulo são apresentados os resultados da ACV, em forma de tabelas, tal como é requerido nas RCP.

6.1. Indicadores para a análise do inventário do ciclo de vida segundo a norma EN 15804

Os seguintes indicadores ambientais são obtidos a partir dos dados da análise do ICV.

6.1.1. Indicadores da análise do inventário de ciclo de vida que descrevem o uso de recursos

Tabela 37 - Indicadores utilizados na análise do ICV – uso de recursos

Indicador	Unidade
Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso total de energia primária renovável (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de energia primária não renovável excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de materiais secundários	kg
Uso de combustíveis secundários renováveis	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso de combustíveis secundários não renováveis	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)
Uso líquido de água doce	m ³

Recursos Renováveis

O indicador “Uso de energia primária renovável excluindo recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas” foi calculado a partir dos dados de consumo de pó de cortiça para queima na caldeira, obtidos para o processo de produção do produto.

O *software* utilizado (*SimaPro* 8.0) não permite distinguir o uso energético ou material de recursos energéticos. Para além disso, não permite quantificar o uso de energia

primária renovável (quer na forma de matérias-primas quer na forma de combustíveis) para a totalidade do sistema em análise. Tendo em conta estas limitações, para determinar o indicador “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”, foi considerada a quantidade de energia incorporada apenas em produtos de cortiça (nas camadas de cortiça) e madeira (HDF). Nas tabelas 38 apresentam-se os dados utilizados para o cálculo deste indicador.

Tabela 38 - Dados utilizados no cálculo do “Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas”

	Unidade	Valor
Madeira		
Consumo de madeira	m ³ madeira/m ³ HDF	2,32E+00
Consumo de HDF	m ³ HDF/m ²	6,90E-03
Massa volúmica	t/m ³	5,00E-01
PCI	MJ/kg	1,55E+01
Cortiça		
Consumo de cortiça	kg/m ²	1,30E+00
PCI	MJ/kg	1,47E+01

A Tabela 39 mostra os dados para o cálculo do “Uso de recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas”.

Tabela 39 - Uso de recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas

Material renovável	[Hi] (MJ)
Cortiça	1,90E+01
Madeira	1,24E+02
Total	1,43E+02

O “Uso total de energia primária renovável (energia primária e recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas)” foi determinado pela soma do “Uso de energia primária renovável excluindo recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas” e “Uso de recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas” (Tabela 40).

Tabela 40 - Indicadores de recursos renováveis utilizados na análise do ICV e respectivas quantidades por m² de produto

Indicador	Unidade	Quantidade
Uso de energia primária renovável excluindo recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	8,78E-01
Uso de recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,43E+02
Uso total de energia primária renovável (energia primária e recursos energéticos primários renováveis usados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,44E+02

Recursos não renováveis

O indicador “Uso total de energia primária não renovável” inclui todos os recursos de energia primária utilizados como matéria-prima e para produção de energia, nomeadamente gás natural, petróleo bruto, carvão e urânio. O indicador da avaliação de impactes “Depleção de recursos abióticos – combustíveis fósseis” indicado no capítulo 6.2 inclui todos estes recursos, exceto o urânio pois não é considerado como combustível fóssil, o que significa que este indicador de recursos pode ser calculado adicionando a contribuição de urânio usado na produção de energia nuclear. A quantidade de urânio usada no sistema é apresentada na Tabela 41.

Tabela 41 - Resultados do ICV nos recursos nucleares por m² de produto

Fluxos do ICV	Quantidade	Unidades
Urânio	7,91E+00	mg

O fator de caracterização usado para determinar a Exigência Cumulativa de Energia (ECE) de urânio foi retirado do método CED, (v1.08) do *software SimaPro*, a partir do qual foi calculada a quantidade de energia proveniente de fontes nucleares (Tabela 42).

Tabela 42 - Fator de caracterização do urânio (CED method v1.08)

Recurso	Fator de caracterização	Unidade
Urânio, no solo	5,60E+05	MJ/kg

Os indicadores referentes aos recursos não renováveis são apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 - Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos energéticos primários não renováveis usados como matéria-prima) por m² de produto

Categoria	Quantidade	Unid.
Urânio	4,43E+00	MJ
Depleção de recursos abióticos - combustíveis fósseis	1,26E+02	MJ
Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos energéticos primários não-renováveis utilizados como matérias-primas)	1,30E+02	MJ

O *software* e a base de dados não permitem distinguir o uso energético e material de combustíveis primários. Tendo em conta esta limitação, para estimar o “Uso de recursos energéticos primário não renováveis usados como matéria-prima” foi calculada a quantidade de energia não renovável usada em materiais incluídos no produto e multiplicado pelo respetivo poder calorífico inferior. Na Tabela 44 é mostrada a quantidade de película de LDPE utilizado na embalagem, bem como a correspondente matéria-prima energética não renovável.

Tabela 44 - Cálculos das matérias-primas não renováveis por m² de produto

Componente	Constituição	Massa (kg)	[Ki] (MJ/kg)	Matéria-prima energética (MJ)
Película LDPE	LDPE	4,97E-03	4,77E+01	2,37E-01

Assim, é possível determinar o indicador “Uso de energia primária não renovável excluindo os recursos energéticos primários não renováveis usados como matérias-primas”, através da subtração do “Uso total de energia primária não renovável” e “Uso de recursos energéticos primários não renováveis usados como matérias-primas” (Tabela 45).

Tabela 45 - Indicadores de energias não renováveis utilizados na análise do ICV e respetivas quantidades por m² de produto

Indicador	Unidade	Quantidade
Uso de energia primária não renovável excluindo recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,30E+02
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	2,37E-01
Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos energéticos primários não renováveis utilizadas como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,30E+02

Utilização de material secundário, combustíveis secundários renováveis ou combustíveis secundários não-renováveis

Não houve utilização de combustíveis secundários renováveis ou combustíveis secundários não renováveis, nem material secundário no processo de produção do produto.

Utilização líquida de água doce

A Utilização de água doce foi determinada diretamente a partir dos resultados de ICV (Tabela 46).

Tabela 46 - Utilização de água doce por m² de produto

Fluxo de ICV	Classificação	Total	Unid.	Total	Unid.
Água, refrigeração, origem natural não especificada/m ³	Matéria-prima	9,13E+01	l	9,13E-02	m ³
Água, lago	Matéria-prima	3,39E+01	mm ³	3,39E-08	m ³
Água, rio	Matéria-prima	1,32E+01	cm ³	1,32E-05	m ³
Água, uso de turbina, origem natural não especificada	Matéria-prima	2,26E+01	m ³	2,26E+01	m ³
Água, origem natural não especificada	Matéria-prima	2,60E+02	cm ³	2,60E-04	m ³
Água, poço, subterrânea	Matéria-prima	6,51E+00	l	6,51E-03	m ³
Total				2,27E+01	m ³

Apenas foi calculado o uso da água e não o uso líquido de água doce, uma vez que o *software* só permite obter os valores totais de água consumida para todos os processos.

6.1.2. Indicadores de análise do inventário de ciclo de vida que representam diversas categorias de resíduos

Os Indicadores de análise do ICV que representam diversas categorias de resíduos apresentam-se na Tabela 47.

Tabela 47 - Indicadores de análise do inventário de ciclo de vida que representam diversas categorias de resíduos

Indicador	Unidade
Resíduos perigosos eliminados	kg
Resíduos não perigosos eliminados	kg
Resíduos radioativos eliminados	kg

Os resultados do ICV relativos às categorias de resíduos encontram-se na Tabela 48. Para o cálculo das “pedras e cascalho” e “Resíduos para reciclar” foram utilizados os dados fornecidos para o processo de produção, uma vez que o *software* não permite a obtenção destes dados. Os restantes dados foram retirados diretamente do ICV para o sistema total obtido no *software*.

Tabela 48 - Lista de resíduos do ICV por m² de produto

Tipo de resíduo	Categoria	Total	Unidade
Pedras e cascalho	Resíduo	6,95E-03	kg
Resíduos para reciclar	Resíduo	1,75E+00	kg
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos de baixa atividade	Matéria-prima	1,34E+02	mm ³
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos	Matéria-prima	2,28E+00	mm ³
Volume ocupado, deposição em aterro	Matéria-prima	8,23E+01	mm ³

Os tipos de fluxos e respetivos fatores de caracterização (utilizados no cálculo da quantidade de resíduos em aterro) foram retirados a partir do método EDIP 2003. Na Tabela 49 são apresentados os dados utilizados na conversão do volume de resíduos em massa.

Tabela 49 - Resíduos radioativos (EDIP, 2003)

Resíduos radioativos	Valor	Unid.
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos com baixa atividade	2,50E+03	kg/m ³
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos	5,40E+03	kg/m ³

Tendo em conta estes valores, foi calculada a quantidade de resíduos radioativos associados à produção deste processo (Tabela 50).

Tabela 50 - Cálculo da quantidade de resíduos radioativos por m² de produto

Resíduos radioativos	Valor	Unidade
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos com baixa atividade	3,35E-04	kg
Volume ocupado, deposição final de resíduos radioativos	1,20E-05	kg
Total	3,47E-04	kg

Em relação aos fluxos de resíduos restantes, e considerando-se as listas de resíduos perigosos da Diretiva-Quadro de Resíduos Europeia, nenhum deles são qualificados como perigosos. No entanto, o fluxo "Volume ocupado, deposição em aterro" não é muito específico, o que torna difícil determinar qual o tipo de resíduos que são depositados em aterro. A fim de resolver este problema, foi analisado se este está incluído na lista de fluxos de resíduos perigosos na categoria do método EDIP 2003 (Tabela 51).

Tabela 51 - Resíduos perigosos (EDIP 2003)

Resíduo perigoso	Categoria	Valor	Unidade
Amianto	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Óleo de porão	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Resíduos químicos, inertes	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Resíduos químicos, regulamentados	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Resíduos químicos, não especificados	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Poeira de filtro eletrostático	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Lamas de separação de óleos	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Resíduos de óleo	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Lamas de refinaria	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Volume ocupado, deposição em aterro	Bruto	1,60E+03	kg/m ³
Resíduos de incineração	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Lixo tóxico	Resíduo	1,00E+00	kg/kg
Pó de soldadura	Resíduo	1,00E+00	kg/kg

Como se pode observar na Tabela 51, a categoria da EDIP 2003 “resíduos perigosos” considera este fluxo e atribui-lhe um fator de caracterização de 1,60E+03 kg de resíduo/m³. Como foi considerado neste método, neste estudo assumiu-se que este fluxo foi associado ao aterro de resíduos perigosos.

Tabela 52 - Cálculo dos resíduos perigosos por m² de produto

Resíduos perigosos	Valor	Unidade
Volume ocupado, deposição em aterro	1,32E-04	kg

Na categoria de resíduos não perigosos foi considerado o fluxo de “pedras e cascalho” (Tabela 53).

Tabela 53 - Cálculo de resíduos não perigosos por m² de produto

Resíduos não perigosos	Valor	Unidade
Pedras e cascalho	6,95E-03	kg

Considerando o tipo de resíduos identificados, os indicadores de análise do inventário de ciclo de vida que representam várias categorias de resíduos encontram-se apresentados na Tabela 54.

Tabela 54 - Indicadores da análise do ICV de resíduos por m² de produto

Indicador	Unidade	Valor
Resíduos perigosos eliminados	kg	1,32E-04
Resíduos não perigosos eliminados	kg	6,95E-03
Resíduos radioativos eliminados	kg	3,47E-04

6.1.3. Indicadores da análise do ciclo de vida que representam fluxos de saída de materiais

Os indicadores da ACV que representam os fluxos de saída de materiais são apresentados na Tabela 55.

Tabela 55 - Indicadores de análise do ciclo de vida que representam os fluxos de saída de materiais

Indicador	Unidade
Componentes para reutilização	kg
Materiais para reciclagem	kg
Materiais para recuperação de energia	kg
Energia exportada	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)

O valor na categoria “Materiais para reciclagem” foi calculado a partir dos dados de materiais para reciclagem, fornecidos pela AR para o processo de produção do produto e os “Materiais para recuperação de energia” foram calculados pela soma dos dados de consumo de pó de cortiça para queima na caldeira, fornecidas pela AR para o processo de produção do produto. Na Tabela 56 são apresentados os indicadores da ACV que representam os fluxos de saída dos materiais.

Tabela 56 - Indicadores de análise do ICV para os fluxos de saída de materiais e respectivas quantidades por m² de produto

Indicador	Unidade	Quantidade
Componentes para reutilização	kg	-
Materiais para reciclagem	kg	1,75E+00
Materiais para recuperação de energia	kg	8,78E-01
Energia exportada	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	-

Todos os indicadores de análise do ICV são resumidos na Tabela 57.

Tabela 57 - Soma de todos os indicadores de análise do ICV

Indicador	Unid.	Quant.
Uso de energia primária renovável excluindo os recursos energéticos primários renováveis usados como matéria-prima	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	8,78E-01
Uso de recursos energéticos primários renováveis utilizadas como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,43E+02
Uso total de energia primária renovável (energia primária e recursos energéticos primários renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,44E+02
Uso de energia primária não renovável excluindo os recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,30E+02
Uso de recursos energéticos primários não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	2,37E-01
Uso total de energia primária não renovável (energia primária e recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico ([Hi] poder calorífico inferior)	1,30E+02
Uso de recursos de água doce	m ³	2,27E+01
Resíduos perigosos eliminados	kg	1,32E-04
Resíduos não perigosos eliminados	kg	6,95E-03
Resíduos radioativos eliminados	kg	3,47E-04
Materiais para reciclagem	kg	1,75E+00
Materiais para recuperação de energia	kg	8,78E-01

6.2. Indicadores para estimar os impactos segundo a norma EN 15804

Os resultados obtidos para as categorias de impacto encontram-se na Tabela 58. O documento com as RCP não é claro quanto à metodologia de cálculo a utilizar na AICV (fatores de caracterização) pois refere, por um lado, que a metodologia deverá ser a da *European Reference Life Cycle Data Base* (ELCD) exceto no caso da depleção de recursos abióticos em que deverá ser a do *Institute of Environmental Sciences* (CML). Por outro lado, as unidades dos indicadores fornecidas para todas as categorias são as do CML. Neste caso, foram adotados os fatores de caracterização do CML.

Tabela 58 – Resultados da AICV para o *Artcomfort Floating NPC* expressos por m²

Categoria de impacto	Unidade	Total
Depleção de recursos abióticos – elementos (DRAE)	kg Sb eq	3,26E-05
Depleção de recursos abióticos – combustíveis fósseis (DRACF)	MJ	1,39E+02
Aquecimento global (AG)	kg CO ₂ eq	-1,17E+01
Depleção da camada do ozono (DCO)	kg CFC-11 eq	4,94E-07
Oxidação fotoquímica (OF)	kg C ₂ H ₄ eq	3,82E-03
Acidificação da água e solos (A)	kg SO ₂ eq	6,33E-02
Eutrofização (E)	kg PO ₄ ³⁻ eq	2,09E-02

A Figura 15 mostra a contribuição relativa de cada processo para os impactos totais.

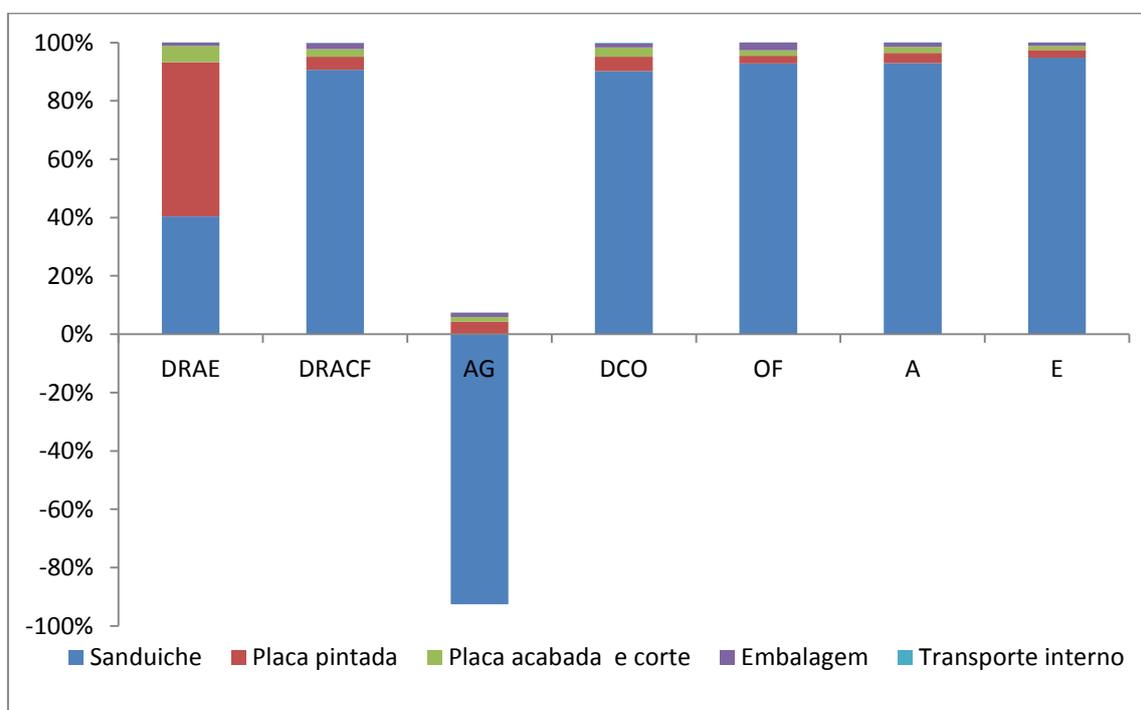


Figura 15. Percentagem dos impactos ambientais por processo de produção do *Artcomfort Floating NPC*

Da análise da Figura 15 verifica-se, que para todas as categorias, com exceção da depleção dos recursos abióticos - elementos, a fase do processo de produção do produto com maior percentagem de contribuição para os impactes é a fase de montagem da sanduiche. Na Figura 16 é apresentada a contribuição dos vários componentes do processo de montagem da sanduiche.

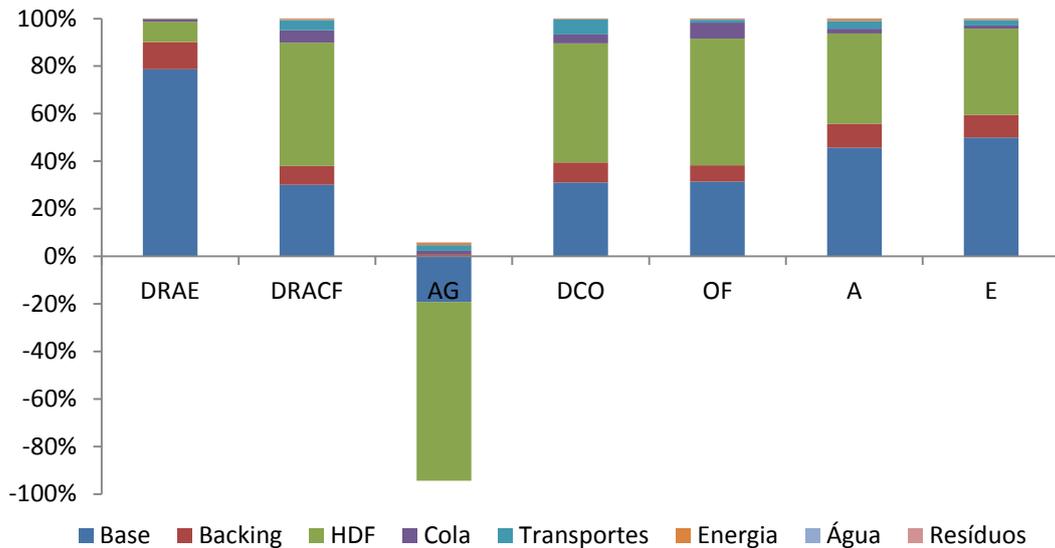


Figura 16. Contribuição em percentagem dos vários componentes na fase de montagem da sanduiche

Como se pode observar na Figura 16, na fase de montagem da sanduiche, os impactes ambientais são, principalmente, causados pela produção da camada base de cortiça aglomerada e utilização de HDF.

7. Interpretação

Através da análise da Figura 15, observa-se que, para todas as categorias de impacto com exceção da categoria de depleção abiótica - elementos, a fase com maior contribuição para os impactos ambientais é a fase de montagem da sanduiche com contribuições de cerca de 90%.

A partir da Figura 16, observa-se que na montagem da sanduiche os maiores contributos para os impactos ambientais provêm da utilização de resinas e pó de cortiça utilizadas na camada base, originando contribuições entre os 30 - 80%. O HDF utilizado também revela um grande impacto na maioria das categorias analisadas de cerca de 50%.

Depleção de recursos abióticos - elementos

Segundo os resultados obtidos o processo de placa pintada é o que tem um maior contributo (50%) para os impactos ambientais, seguido do processo de montagem da sanduiche (40%).

Dos resultados obtidos para processo da placa pintada verifica-se que a valorização dos resíduos, nomeadamente os resíduos de sucata, que mais contribuem para os impactos com uma percentagem de quase 100% para esta categoria. Por outro lado, a montagem da sanduiche também apresenta um grande contributo, proveniente da camada base de cortiça aglomerada devido ao uso de cortiça (80%), esta contribuição deve-se principalmente ao consumo de recursos.

Depleção de recursos abióticos - combustíveis fósseis

Os impactos da fase de montagem da sanduiche, na depleção de recursos abióticos de combustíveis fósseis, são os mais significativos comparando com as outras fases do processo de produção do produto, com um contributo de 90%.

Ao analisar os resultados associados a esta fase, verificou-se que o HDF é o principal responsável nesta categoria com mais de 50% da contribuição para os impactos, devido ao uso de gás natural e energia elétrica na sua produção. Além disso, também a produção da camada de aglomerado de cortiça tem um contributo significativo (30%) para os impactos ambientais nesta categoria, resultante do consumo de gás natural e eletricidade.

Aquecimento global

No Potencial de Aquecimento Global os impactos totais são negativos, o que significa que o sequestro de CO₂ durante o processo é superior às emissões de CO₂ resultantes do processo. A fixação de CO₂ resulta da utilização de cortiça (na produção da camada base e do *backing*), bem como do uso de HDF, durante a montagem da sanduiche.

Depleção da camada de ozono

Os impactes desta categoria estão associados principalmente à montagem da sanduiche (90%), provocados pela utilização de materiais e consumo de eletricidade utilizados na produção de HDF (50%). Também a produção de camada base de cortiça aglomerada contribui para estes impactes (30%), principalmente devido ao uso de resina e à combustão de gás natural associado ao seu processo de produção.

Oxidação Fotoquímica

Na oxidação fotoquímica, observa-se que a fase com maior contributo é a montagem da sanduiche (92%). Isto deve-se essencialmente ao uso de energia elétrica durante o fabrico do HDF, devido principalmente às emissões de NOx e COVs. Além disso, também a utilização de resinas usadas na produção da camada base de cortiça apresenta uma contribuição relevante para os impactes nesta categoria.

Acidificação da terra e da água

Da análise dos resultados obtidos verifica-se que a montagem da sanduiche é novamente a fase do processo que representa uma maior contribuição para este efeito (92%). Posto isto, na produção da camada base de cortiça, os impactos estão associados às emissões de dióxido de enxofre, amónia e outros poluentes resultantes dos processos de combustão, ou seja, durante a produção de eletricidade e produção de energia térmica. Além disso, também a produção da camada de HDF é responsável por grande parte dos impactes gerados devido ao consumo de energia elétrica.

Eutrofização

Nesta categoria de impacte, a fase com impactes mais significativos continua a ser a fase de montagem da sanduiche (95%). A emissão de poluentes resultantes do consumo de eletricidade, associada à queima de combustíveis fósseis, é responsável por cerca de 50% do total dos impactes provocados pela camada base de cortiça aglomerada. Além disso, também as emissões resultantes do consumo de energia térmica têm um contributo relevante para os impactes.

8. Conclusões e trabalho futuro

Da análise geral dos resultados verifica-se que para todas as categorias, com exceção da depleção dos recursos abióticos - elementos, a fase do processo de produção do pavimento em estudo que tem um maior contributo para os impactes é a fase de montagem da sandwich. Isto deve-se principalmente à utilização de resinas, e pó de cortiça na produção da camada base, mas também do uso HDF, que se verificou ter um grande impacte em todas as categorias analisadas.

Posto isto, refere-se que ACV é a metodologia mais adequada para o estudo do desempenho ambiental de materiais usados na construção civil, como é o caso de pavimentos flutuantes como o estudado. Este tipo de metodologia permite-nos fazer uma análise de todas as fases do processo de produção, desde a extração de matérias-primas até ao fim de vida do produto.

Contudo, neste estudo adotou-se uma abordagem *cradle-to-gate*, ou seja apenas foi estudada a fase de produção do produto até à porta da fábrica, isto é até o produto estar pronto para distribuição. Além disso, deve-se salientar que neste estudo só foi elaborado a fase de caracterização na fase de avaliação de impacte do ciclo de vida, excluindo-se assim as fases de normalização e ponderação, uma vez que não são requeridas para a elaboração da DAP.

Assim, em estudos futuros recomenda-se a inclusão das fases de aplicação do produto no edifício, a manutenção ao longo do tempo de vida e desmantelamento. Também é aconselhável a utilização de dados nacionais e o mais atualizados possível, para uma análise mais correta e completa, para processos para os quais este tipo de dados não estavam disponíveis. Um exemplo disto é o HDF, uma vez que este é um dos maiores contribuintes na maior parte das categorias de impacte, deveriam ser usados dados reais de produção do HDF utilizado no pavimento flutuante estudado.

Por fim, deve referir-se que o processo de desenvolvimento das RCP deveria envolver a participação dos fabricantes de *softwares* de ACV, para garantir que todos os indicadores requeridos podem ser calculados, independentemente do software que é utilizado. Com o software usado neste estudo, em alguns casos, não foi possível o cálculo dos indicadores do ICV para a totalidade do sistema. Além disso, as RCP deviam ser mais claras no que concerne à metodologia da AICV.

Bibliografia

- Amorim Revestimentos S. A. (2013a) *Artcomfort Floating HPS*, Portugal.
- Amorim Revestimentos S.A. (2013b) *Corkcomfort Floating HPS*, Portugal.
- Amorim Revestimentos S. A. (2013c) *Corkcomfort Glue-down HPS*, Portugal.
- Amorim Revestimentos S. A. (2013d) *Corkcomfort Floating WRT*, Portugal.
- Amorim Revestimentos S. A. (2013e) *Vinylcomfort Floating*, Portugal.
- Amorim Revestimentos S. A. (2013f) *Vinylcomfort Glue-down*, Portugal.
- Amorim Revestimentos (s.d.) *Technical Data Sheet - Artcomfort Floating NPC*, Portugal.
- APCOR (2011) *Estudo de Caracterização Sectorial*, Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.
- APCOR (2012) *Cork*, Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.
- APCOR (2013) *Anuário de Estatísticas – Cortiça*, Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.
- APCOR (s.d.) *Guia sobre a Cortiça*, Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.
- Bessa, P. (2010) *Análise de Ciclo de Vida - Ecodesign: Garantir a Qualidade e Sustentabilidade dos Produtos*. [Acedido a: 28 de Junho de 2014.]
<http://www.slideshare.net/construcaosustentavel/06-paulo-bessa-amorim-25-mar-2010-ics-3663636>.
- Borthwick, F. (2003) *Analysis of the Impact of the European Construction Products Directive*. University of Wolverhampton, UK.
- Bowyer, J., Bratkovich, S., Fernholz, K., Lindburg, A. (2009) *Life Cycle Assessment of Flooring Materials: a Guide to Intelligent Selection*, Dovetail Partners Inc, USA.
- Trozzi, C., Kuenen, J., Nielsen, O., Rentz, O., Oertel, D., Woodfield, M., Stewart, R. (2013) *Manufacturing Industries and Construction (Combustion) - Combustion in Manufacturing Industry*, European Environment Agency [Acedido a: 4 de Junho de 2014.]
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>.
- CE (1989) *Construction Products Directive (89/106/EEC - CPD)*, Comissão Europeia, Bélgica.
- CEN (2010) *CEN / TR 15941:2010 - Sustentabilidade das Obras de Construção - Declarações Ambientais do Produto - Metodologia para a Seleção e Utilização de*

Dados Genéricos, Comissão Europeia de Normalização, Bélgica.

CE (2011) *Construction Products - Construction - Enterprise and Industry*, Comissão Europeia, Bélgica.

CE (2011) *Construction Products Directive*. Comissão Europeia, Bélgica.

CE (2011) *Construction Products Regulation (305/2011/EU – CPR)*, Comissão Europeia, Bélgica.

CEN (2012) *EN 15804 - Sustainability of Construction Works - Environmental Product Declarations - Core Rules for the Product Category of Construction*, Comissão Europeia de Normalização, Bélgica.

CEN (2012) *Sustainability of Construction Works - CEN/TC 350*, Comissão Europeia de Normalização, Bélgica.

CEN (2012) *Sustainability of Construction Works - Environmental Product Declarations - Core Rules for the Product Category of Construction*, Comissão Europeia de Normalização, Bélgica.

CESAM (2013) *Pegada de carbono da cortiça: das árvores aos produtos*. [Acedido a: 12 de Janeiro de 2014.]

<http://www.cesam.ua.pt/index.php?menu=81&language=pt&tabela=projectosdetail&projectid=578>.

Chiebao, F. (2011) *Materiais de Construção e Decoração - Manual Técnico*, APCOR, Portugal.

Corticeira Amorim (2014) *Quatro gerações, um destino: a excelência* Amorim. [Acedido a: 20 de Maio de 2014.]

<http://www.amorim.com/corticeira-amorim/grupo-amorim/apresentacao/>

Couto, D. (2011) *Declaração Ambiental de Produtos de Construção – Estudo de Caso*. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Portugal.

Gómez, D., Watterson, J., Americano, B., Ha, C., Marland, G., Matsika, E., Namayanga, L., Osman-Elasha, B., Saka, J., Treanton, K. (2006) *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 2* [Acedido a: 4 de Junho de 2014.] <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.

Ecospecifier Global (2014) *Wicanders - Artcomfort Floating NPC, Woodcomfort Floating HPS, Woodcomfort Glue-down HPS, and Woodcomfort Floating NPC*. [Acedido a: 17 de Março de 2014.]

<http://www.ecospecifier.com.au/products/product-summary.aspx?prodid=18020>.

Environdec. (s.d.) *What are Product Category Rules* [Acedido a: 31 de Maio de 2014.] <http://www.environdec.com/en/PCR/What-are-product-category.rules/#.U4oFEHJdWul>.

Environment and Development Foundation (2012) *The steps for the preparation of PCR*, PCR Library. [Acedido a: 31 de Maio de 2014.] <http://pcr-library.edf.org.tw/steps/index.asp>.

Gil, L. (2006) *A Cortiça como Material de Construção - Manual Técnico*. APCOR - Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.

Gil, L. (2010) *A Cortiça como Material de Construção - Manual Técnico*, APCOR - Associação Portuguesa de Cortiça, Portugal.

González-García, S., Dias, A., Arroja, L. (2013) *Life-Cycle Assessment of Typical Portuguese Cork Oak Woodlands*, *Revista Science of the Total Environment*, Vol. 452-453, p. 352-364, Universidade de Aveiro, Portugal.

Governo do Reino Unido (2011) *CE Marking Under the Construction Products Directive*, UK.

IBU (2012) *Product Category Rules for Building-Related Products and Services*, Institut Bauen und Umwelt e.V., Königswinter.

IBU (2014) Institut Bauen und Umwelt e.V. [Acedido a: 27 de Maio de 2014.] <http://construction-environment.com/hp2/Institut-Bauen-und-Umwelt-e-V.htm>.

IBU (2014) Institut Bauen und Umwelt e.V. [Acedido a: 27 de Maio de 2014.] <http://construction-environment.com/hp2/Institut-Bauen-und-Umwelt-e-V.htm>.

ICNF (2013) *Áreas dos Usos do Solo e das Espécies Florestais de Portugal Continental. Resultados Preliminares*, Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, Portugal.

IPQ (2005) *NP EN 685 - Revestimentos de Pisos Resilientes, Têxteis e Laminados - Classificação*, Instituto Português da Qualidade, Portugal.

IPQ (2008) *NP EN ISO 14040 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Enquadramento*, Instituto Português da Qualidade, Portugal.

IPQ (2009) *ISO 14025 - Products and Services - Declarações Ambientais Tipo III - Princípios e Procedimentos*, Instituto Português da Qualidade, Portugal.

IPQ (2010) *NP EN ISO 14044 - Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e Linhas de Orientação*, Instituto Português da Qualidade, Portugal.

ISO (1999) *ISO 14021 - International Standard: Environmental Labels and Declarations - Type II Environmental Labelling*, Suíça.

ISO (1999) *ISO 14024 - International Standard: Environmental Labels and Declarations - Type I Environmental Labelling - Principles and Procedures*, Suíça.

ISO (2007) *ISO 21930:2007 - Sustentabilidade na Construção Civil - Declaração Ambiental Produtos de Construção*, Suíça.

ISO (2007) *ISO 21930:2007 - Sustainability in Building Construction, Environmental Declaration of Building Products*, Suíça.

ISO (2011) *ISO EN 15942 - Sustainability Of Construction Works - Environmental Product Declarations - Communication Format Business-To-Business*, Suíça.

Mahalle, L., Lavoie, P., Meek, P., McDonald, J., Fournier, F., Blanchet, P., Normand, D., O'Connor, J. (2011) *A Comparative Life Cycle Assessment of Canadian Hardwood Flooring with Alternative Flooring Types*, FP Innovations, Canadá.

Lemos, D. S. (2011) *Urban Metabolism of Aveiro: LCA of the City Demands and Water Cycle*, pp. 87-90 Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Portugal.

S.a. (1996) *Life Cycle Assessment: What it is and how to do it*. Paris United Nations Environment Programme, França.

Lopes, G. (2011) *Avaliação do Ciclo de Vida de Dois Materiais de Isolamento Utilizados na Construção Civil: o Poliestireno Expandido e o Aglomerado de Cortiça Expandida*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Lucas, S. (2008) *Critérios Ambientais na Utilização de Materiais de Construção*, Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro, Portugal.

Machado, M. (2011) *Modelização do Ciclo de Vida do Vinho Verde e da Rolha da Cortiça Natural por Utilização do SimaPro Recorrendo a Vários Métodos de Avaliação de Impactes Ambientais*, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Mestre, A., Vogtlander, J. (2013) *Eco-efficient Value Creation of Cork Products: na LCA-Based Method for Design Intervention*, Journal of Cleaner Production, Vol. 57, pp. 101-114, Holanda.

Pereira, J., Cardoso M. (2014) *Negócios da Cortiça*, Exame, Vol. 361, pp. 28-36, Portugal.

Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Gabarrel, X., Rieradevall, J. (2011) *Environmental Analysis of the Production of Natural Cork Stoppers in Southern Europe (Catalonia – Spain)*. Journal of Cleaner Production, Vols. 2-3, pp. 259-271, Espanha.

Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Gabarrel, X., Rieradevall, J. (2012a). *Environmental Analysis of Cork Granulate Production in Catalonia – Northern Spain*. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 58, pp. 132-142, Espanha.

Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Gabarrel, X., Rieradevall, J. (2012b) *Environmental Analysis of Raw Cork Extraction in Cork Oak Forests in Southern Europe (Catalonia--Spain)*. Journal of Environmental Management, Vol. 110, pp. 236-45, Espanha.

Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Gabarrel, X., Rieradevall, J. (2012c) *Environmental Analysis of the Production of Champagne Cork Stoppers*. Journal of Cleaner Production, Vol. 25, pp. 1-13, Espanha.

Rives, J., Fernandez-Rodriguez, I., Gabarrel, X., Rieradevall, J. (2013) *Integrated Environmental Analysis of the Main Cork Products in Southern Europe (Catalonia – Spain)*. Journal of Cleaner Production, Vol. 51, pp. 289-298, Espanha.

Saraiva, I. (s.d.) *Amorim Revestimentos - Ambiente na Indústria Corticeira*, Portugal.

Silva, R. (2009) *Avaliação do Ciclo de Vida da Rolha de Cortiça Natural*. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Wicanders (s.d.a) Wicanders_pt. [Acedido a: 28 de Fevereiro de 2014.]
http://www.wicanders.com/xms/files/COLLECTIONS/BROCHURAS/CORKCOMFORT/Wicanders_Cork_PT_2013.pdf.

Wicanders (s.d.b) Wicanders_int. [Acedido a: 11 de Março de 2014.]
http://www.ecospecifier.com.au/media/18008/63512MT_Wicanders_Artcomfort_A4_INT.pdf.