



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e Ambiente

Contributo para a avaliação do desempenho ambiental de telha cerâmica através da aplicação da Pegada Ambiental do Produto

Marina Andreia Branquinho Vieira

Leiria, março de 2016

Esta página foi intencionalmente deixada em branco



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Contributo para a avaliação do desempenho ambiental de telha cerâmica através da aplicação da Pegada Ambiental do Produto

Marina Andreia Branquinho Vieira

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação da Professora Maria Lizete Lopes Heleno, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria

Leiria, março de 2016

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

A realização do presente projeto de mestrado proporcionou um contato mais próximo com a indústria, o que contribuiu para a valorização e criação de pontes entre os conhecimentos teóricos e práticos, possibilitando observar a indústria cerâmica sob um outro olhar.

Um agradecimento muito especial à Professora Maria Lizete Lopes Heleno orientadora desta tese de mestrado, pelo apoio incondicional, pelo carinho, compreensão e paciência nos momentos mais difíceis, permitindo o desenvolvimento, principalmente, de *soft skills*, entre as inúmeras competências fortalecidas ao longo do caminho percorrido para a elaboração deste trabalho, o que representa o culminar de todo o meu percurso de desenvolvimento no ensino superior não só profissional, mas também pessoal.

À Umbelino Monteiro, S.A., por facultar a oportunidade de realizar este trabalho na sua unidade de produção, pela confiança demonstrada e criação de condições favoráveis para que este fosse executado.

Ao Engenheiro Paulo Domingues pelo interesse e abertura para alcançar o acordo que permitiu iniciar este projeto junto da UM e pela sua solicitude para auxiliar este projeto através da disponibilização de recursos humanos e materiais.

À Engenheira Catarina Costa, pela simpatia, empenho, transmissão de conhecimentos e experiência profissional que em muito enriqueceram este trabalho, suportando dúvidas e curiosidades adicionais durante este longo período.

Ao Dr. João Ginginha, responsável pelo Departamento de Qualidade da UM, pelo espírito de colaboração e interesse na divulgação do presente trabalho.

Ao Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, em especial, à Doutora Ana Cláudia Dias e ao Doutor Luis Arroja, pelos seus contributos para a transposição das adversidades e dos obstáculos relacionados com a realização dos cálculos por meio do acesso ao *software* SimaPro e às respetivas bibliotecas de bases de dados.

Os meus agradecimentos ao Doutor Nelson Oliveira pelo acompanhamento, preocupação e disponibilidade total para a resolução de problemas ao longo do desenvolvimento do presente trabalho e, durante todo o trajeto percorrido no curso de mestrado.

E, por fim, mas não menos importante, a todos os meus familiares, amigos e colegas que acreditaram em mim e me apoiaram incondicionalmente, simplesmente ouvindo, preocupando-se, suportando os meus momentos mais difíceis, motivando e incentivando o desenvolvimento deste trabalho, acreditando sempre nas minhas capacidades e resiliência para transpor os obstáculos diários. Eventualmente, na impossibilidade de agradecer a cada pessoa que tornou possível a elaboração do presente estudo. Espero que todos encontrem a minha melhor expressão de gratidão neste agradecimento e tenham presente que sem as suas contribuições não seria possível envidar esforços para a conclusão deste estudo.

Resumo

O presente projeto tem como objetivo principal a aplicação da metodologia da pegada ambiental do produto (PAP) no sector da indústria cerâmica, nomeadamente, para o caso de estudo da telha, permitindo a aferição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida da telha Advance Lusa na tonalidade vermelho natural.

Com este intuito procedeu-se à avaliação do ciclo de vida (ACV) dos impactos ambientais gerados pela sua produção, desde a extração de matérias-primas até à fase de distribuição, ou seja, com base numa análise '*cradle-to-gate*'.

A implementação da metodologia requer o cálculo dos potenciais impactos ambientais tendo em conta as etapas relevantes no contexto dos limites definidos para o sistema em estudo.

O método de avaliação de impactos utilizado é o método *ILCD Midpoint +* através da utilização do *software* SimaPro e com recurso às respetivas bibliotecas de bases de dados.

A avaliação do perfil de utilização dos recursos e emissões possibilita assim aferir o desempenho ambiental da telha em estudo através da identificação de pontos críticos do sistema considerado.

Os resultados indicam que os impactos ambientais se devem, principalmente, à utilização de gás natural na etapa de cozedura e, que a fase de produção e/ou fabrico de telha é a que salienta maiores preocupações do ponto vista ambiental, pelo que deverão ser definidas estratégias com o propósito de verificar a aplicabilidade das melhores técnicas disponíveis (MTDs) e de técnicas emergentes, contribuindo assim, para a procura da sustentabilidade dos processos integrantes do presente estudo.

Palavras-chave: Pegada ambiental do produto (PAP), Avaliação do ciclo de vida (ACV), telha cerâmica, impactos ambientais, recursos, Sistema Internacional de Referência de Dados de Ciclo de Vida (ILCD).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

This project aims to apply the Product Environment Footprint (PEF) in the ceramic manufacturing industry sector, namely, to the study case of roof ceramic tile, in order to measure and communicate the life cycle environmental performance of the natural red *Advance Lusa* roof tile.

In order to achieve this goal, a life cycle assessment of the environmental impacts generated by its manufacturing was performed, covering the manufacturing process from raw materials acquisition to distribution, in other words, based on a cradle-to-gate analysis.

The implementation of this methodology requires the assessment of the potential environmental impacts taking into account all the relevant life cycle stages in the context of the defined limits for the system in study.

The environmental footprint impact was assessed using the *ILCD Midpoint +* method through the *SimaPro* software and the respective databases libraries.

The assessment of the resource usage and emissions profile compiled allows the calculation of the environmental performance of the roof ceramic tile in study through the identification of “hotpots” or “weak points” of the considered system.

The results indicate that environmental impacts are mainly due to the use of natural gas in the firing stage, and that most concerns from the environmental point of view relate with the stage of production and/or manufacturing of the roof ceramic tile. According to the analysis performed, strategies should be defined in order to verify the applicability of the best available techniques (BAT) and emerging techniques, in order to seek the environmental sustainability of the processes evaluated in the present study.

Key-Words: Product Environment Footprint (PEF), Life Cycle Assessment (LCA), Roof ceramic tile, environmental impacts, resources, International Reference Life Cycle Data System (ILCD).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Figuras

Figura 1 - Quadro geral de avaliação do ciclo de vida.	17
Figura 2 - Fluxograma de fabrico da telha cerâmica Advance Lusa vermelho natural.	45
Figura 3 - Diagrama básico dos limites do sistema.	53
Figura 4 – Diagrama de categorias de impacto em função da caracterização do ponto médio e do ponto final (EC, 2010b).	56
Figura 5 - Limites do sistema incluindo os aspetos ambientais de entradas e saídas.	59
Figura 6 - Balanço material relativo a 1 m ² de telha cerâmica.	74
Figura 7 - Contribuições relativas de cada um dos subsistemas definidos.	80
Figura 8 - Contribuições relativas na extração e processamento de matérias-primas.	82
Figura 9 - Contribuições relativas no subsistema de fabrico de telha cerâmica.	84
Figura 10 - Contribuições relativas no subsistema de embalagem.	85
Figura 11 - Contribuições relativas no subsistema de manutenção.	87
Figura 12 – Contribuição dos fluxos com maiores impactos nas categorias de AC, DCO, TH-EC TH-NC e PM.	89
Figura 13 - Contribuição dos fluxos com maiores impactos nas categorias de RI, FFO, ACID, ET e EAD.	91
Figura 14 - Contribuição dos fluxos com maiores impactos em EA-AD, EA-AM, TS, ER-A e ER-MF.	93

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Lista das categorias de impacto ambiental da PAP (CE, 2013b).....	25
Tabela 2 – Inventário de dados específicos do ano 2013 do produto em estudo.....	60
Tabela 3 - Processos/fluxos complexos compreendidos em cada biblioteca de base de dados.....	63
Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso.....	64
Tabela 5 – Valores de humidade de extrusão e perda ao rubro para três amostras.....	74
Tabela 6 – Resultados do impacto ambiental da PA para cada um dos subsistemas de produção.....	79
Tabela 7 – Nível de qualidade dos dados segundo a classificação alcançada (CE, 2013b).....	102

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Siglas e Acrónimos

AC – Alterações Climáticas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ACID - Acidificação

AEP - Associação Empresarial de Portugal

AICV – Avaliação de Inventário de Ciclo de Vida – *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA)

APICER - Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica

ASTM - *American Society for Testing and Materials* – Sociedade Americana para Ensaios de Materiais

B2B – *Business to Business* – Comunicação entre empresas

B2C – *Business to Consumer* - Comunicação da empresa ao consumidor

BEES - *Building for Environmental and Economic Sustainability* – Construção para a Sustentabilidade Ambiental e Económica

BPX - *Référentiel de bonnes pratiques* - Referencial de Boas Práticas

BREFs - *Best Available Technologies (BAT) REFerence documents* – Documentos de Referência das Melhores Técnicas Disponíveis

C – Exaustividade

CAE – Código de Atividade Económica

CAS - *Chemical Abstracts Service* – Serviço do produtor *Chemical Abstracts*

CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CEN – *European Committee for Standardization* - Comité Europeu de Normalização

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigênio após 5 dias

CML-IA - *Center of Environmental Science of Leiden University – Impact Assessment* –
Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden – Avaliação de Impacto

CQO – Carência Química de Oxigênio

CTCV – Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

CTUe - *Comparative Toxic Unit for ecosystem* - Unidade Tóxica Comparativa para os ecossistemas

CTUh - *Comparative Toxic Unit for human* - Unidade Tóxica Comparativa para os humanos

DAP - Declarações ambientais de produtos - *Environmental Product Declarations* (EPD)

DCO - Destruição da Camada de Ozono

DQR - *Data Quality Rating* - Requisitos de Qualidade dos Dados

EA-AD – Eutrofização - aquática (Água Doce)

EA-AM – Eutrofização - aquática (Água do Mar)

EAD - Ecotoxicidade para a Água Doce

EC – European Commission - Comissão Europeia (CE)

EDIP - *Environmental Design of Industrial Product* – Design Ambiental de Produtos Industriais

EDP - *Ecosystem Damage Potential* – Potencial de Dano nos Ecossistemas

ELCD - *European Reference Life Cycle Database* - Base de Dados Europeia de Referência sobre o Ciclo de Vida

EN – *European Norm* - Norma Europeia

EPS - *Environmental Priority Strategies in product design* - Estratégias Ambientais Prioritárias em design do produto

ER – A – Esgotamento de Recursos – Água

ER –MF – Esgotamento de Recursos – Minerais, Fósseis

ESF - *European Sustainability Footprint* – Sustentabilidade da Pegada Europeia

ET – Eutrofização – terrestre

ETARi – Estação de Tratamento de Águas Residuais industriais

ETH-ESU - *Eindgenössische Technische Hochschule – EnergieStoffe-Umwelt* – Instituto Federal de Tecnologia da Suíça - Grupo tecnológico de Energia, Materiais e Ambiente

FFO - Formação Fotoquímica de Ozono

GEE – Gases com Efeito de Estufa – *Greenhouse Gas* (GHG)

GN – Gás Natural

GNL – Gás Natural Liquefeito

GPL – Gás Liquefeito de Petróleo

GR - Representatividade geográfica

GWP - *Global Warming Potencial* - Potencial de Aquecimento Global (PAG)

ICV – Inventário de Ciclo de Vida

ILCD - *International Reference Life Cycle Data System* - Sistema Internacional de Dados de Referência sobre o Ciclo de Vida

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* - Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas

ISO - *International Organization for Standardization* - Organização Internacional de Normalização

ISO/DIS - *Draft International Standard* - Rascunho de Normalização Internacional

JRC – *Joint Research Centre* – Centro Comum de Investigação

IES - *JRC's Institute for Environment and Sustainability* – Instituto para a Sustentabilidade e Ambiente do Centro Comum de Investigação

HE – Humidade de Extrusão

LCT – *Life Cycle Thinking* - Pensamento de Ciclo de Vida

LER – Lista Europeia de Resíduos

LMm –Limiar mássico mínimo

LMM – Limiar mássico máximo

LOTOS-EUROS – *Long Term Ozone Simulation – European Ozone Simulation* – Simulação de Ozono a Longo Prazo – Simulação de Ozono Europeia

M - Adequação metodológica e coerência

MIRR – Mapa Integrado de Registo de Resíduos

MTDs - Melhores técnicas disponíveis - *Best Available Technologies* (BAT)

NACE - Nomenclatura Geral das Atividades Económicas nas Comunidades Europeias

N.A. – Não aplicável

N.D. – Não definido ou desconhecido

NP – Norma Portuguesa

NP EN – Versão Portuguesa da Norma Europeia

OMM - Organização Meteorológica Mundial

P – Precisão ou Incerteza

PAO – Pegada Ambiental das Organizações

PAP – Pegada Ambiental dos Produtos - *Product Environment Footprint* (PEF)

PAS – *Publicly Available Specification* - Especificação de Acesso Público

PDO – Potencial de Destruição do Ozono

PEBD – Polietileno de Baixa Densidade

PIP – Política Integrada de produtos

PM – Partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas

PR – Perda ao Rubro

RCD - Resíduos de construção e demolição

RCP - Regras de Categoria de Produto - *Product Category Rules* (PCR)

RCPAP – Regras de Categorias de Pegada Ambiental dos Produtos

RGR – Regulamento Geral do Ruído

RI - Radiações Ionizantes – efeitos na saúde humana

SCLCI - *Swiss Centre for Life Cycle Inventories* – Centro Suíço de Inventários de Ciclo de Vida

SETAC - *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* – Sociedade de Toxicidade Ambiental e Química

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SH – Separador de Hidrocarbonetos

SiC – *Industrial Organic Chemicals* - Químicos Orgânicos Especiais

SOM - *Soil Organic Matter* - Matéria Orgânica no Solo

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* - Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças

SVGW - *Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches* – Sociedade Suíça da Indústria do Gás

TeR - Representatividade tecnológica

TH-EC - Toxicidade Humana - Efeitos Cancerígenos

TH-NC - Toxicidade Humana - Efeitos Não Cancerígenos

TiR - Representatividade temporal

TRACI - *Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts* – Ferramenta para a Redução e Avaliação de Químicos e outros Impactos ambientais

TS - Transformação do Solo

UE - União Europeia – *European Union* (EU)

UNEP - *United Nations Environment Programme* – Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA)

UM – Umbelino Monteiro

VLE – Valor Limite de Exposição

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development* - Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

WRI – *World Resources Institute* - Instituto dos Recursos Mundiais

Lista de Símbolos

AOX – Compostos de halogéneo orgânico adsorvíveis

Al₂O₃ – Óxido de alumínio

dB(A) – Decibel para o filtro A

Ca(OH)₂ – Hidróxido de cálcio

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

CaF₂ – Fluoreto de cálcio

Cd - Cádmió

CFCs - Clorofluorocarbonetos

CFC-11 - Clorofluorocarboneto designado Triclorofluorometano, também denominado freon-11 ou R-11

CH₄ – Metano

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₂ e – Dióxido de carbono equivalente

COV/COVs – Composto(s) Orgânico(s) Volátil(eis)

COVNM – Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos - *Non-methane volatile organic compound* (NMVOC)

F⁻ - Ião fluoreto

GJ/t – Gigajoule por tonelada

H⁺ - Ião hidrogénio

HCl – Ácido clorídrico

HF - Ácido fluorídrico

kg – Quilograma

kg/h – Quilograma por hora

kg/m – Quilograma por metro

kg/m³ – Quilograma por metro cúbico

kV - Quilovolt

kWh – Quilowatt-hora

Lden - Indicador diurno-entardecer-noturno

Ln - Indicador noturno

m² - Metro quadrado

m³ – Metro cúbico

mg – Miligrama

mg/m³ – Miligrama por metro cúbico

mg/Nm³ – Miligrama por metro cúbico normal

mol – Mole

N – Azoto

NO₂ – Dióxido de azoto

NO_x – Óxidos de azoto

O₂ - Oxigénio

P - Fósforo

p – Partes ou unidades

Pb - Chumbo

PM_{2,5} - Partículas em suspensão com um diâmetro igual ou inferior a 2,5 µm

Sb – Antimónio

SO₂ – Dióxido de enxofre

SO_x – Óxidos de enxofre

t - Tonelada

T – Transporte

TJ – Terajoule

tkm – Tonelada por quilómetro

U²³⁵ – Urânio-235

Zn - Zinco

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

Agradecimentos.....	<i>i</i>
Resumo.....	<i>iii</i>
Abstract	<i>v</i>
Índice de Figuras	<i>vii</i>
Índice de Tabelas	<i>ix</i>
Lista de Siglas e Acrónimos	<i>xi</i>
Lista de Símbolos.....	<i>xvii</i>
Índice.....	<i>xxi</i>
1. Introdução	<i>1</i>
1.1. Objetivos.....	<i>4</i>
1.2. Estrutura do trabalho	<i>4</i>
2. Revisão da literatura	<i>7</i>
2.1. Sustentabilidade ambiental	<i>8</i>
2.2. Pegadas ambientais	<i>10</i>
2.2.1. Pegada ecológica	10
2.2.2. Pegada hídrica.....	11
2.2.3. Pegada de carbono	13
2.3. Conceito de Avaliação do Ciclo de Vida	<i>15</i>
2.4. Desenvolvimento da metodologia europeia.....	<i>18</i>
2.4.1. Desenvolvimento da metodologia	18
2.4.2. Pegada Ambiental do Produto (PAP).....	20

2.5.	Descrição da ferramenta de apoio	22
2.6.	Descrição do método AICV utilizado	24
2.7.	Descrição das bibliotecas utilizadas	27
2.7.1.	<i>Ecoinvent</i>	27
2.7.2.	<i>Ecoinvent 3.0</i>	27
2.7.3.	<i>European Reference Life Cycle Database (ELCD)</i>	28
2.7.4.	<i>Eco-profiles</i>	29
2.7.5.	<i>Eindgenössische Technische Hochschule - EnergieStoffe-Umwelt (ESU-ETH)</i> 29	
2.8.	Procedimentos de validação de dados	30
2.8.1.	<i>Cut-off</i> ou critério de corte	30
2.8.2.	Balanço material.....	33
2.9.	Aplicação de ACV à indústria cerâmica	35
3.	<i>Caraterização do caso de estudo</i>	41
3.1.	<i>Caraterização da organização</i>	41
3.2.	<i>Descrição do processo.....</i>	43
4.	<i>Aplicação da Pegada Ambiental do Produto.....</i>	51
4.1.	<i>Definição do objetivo do estudo</i>	51
4.2.	<i>Definição do âmbito do estudo.....</i>	52
4.3.	Compilação e registo do Perfil de Utilização dos Recursos e Emissões	57
4.3.1.	Procedimentos de recolha de dados	58
4.3.2.	Descrição dos processos unitários	63
4.3.3.	Procedimentos de cálculo.....	69
4.3.4.	Validação de dados.....	72
4.3.5.	Critérios de exclusão.....	75

4.4. Cálculo dos resultados da avaliação de impacto da PAP	76
4.4.1. Procedimentos de avaliação de impacto	77
4.4.2. Avaliação de impacto de ciclo de vida	78
4.4.3. Possibilidade de eventuais exclusões.....	95
4.4.4. Informações ambientais adicionais	97
4.5. Interpretação dos resultados da PAP	101
4.5.1. Avaliação da qualidade dos dados	101
4.5.2. Avaliação da solidez do método PAP	103
4.5.3. Identificação de pontos críticos	108
4.5.4. Estimativa de incertezas.....	116
4.5.5. Conclusões	118
4.5.6. Recomendações.....	120
4.5.7. Limitações.....	123
5. Considerações finais	125
6. Referências bibliográficas.....	127
Apêndices.....	139
Anexos	141

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1.Introdução

Atualmente as organizações não atuam apenas numa perspetiva económica e social, mas também ambiental incluindo desta forma o conceito de desenvolvimento sustentável nas suas políticas. Segundo o Relatório de Brundtland, publicado em 1987 denominado como “Our Common Future” - O Nosso Futuro Comum, o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades (Brundtland, 1987). O desenvolvimento sustentável é, reconhecidamente, um dos objetivos específicos fundamentais da União Europeia (UE), por outras palavras, conforme o Tratado que institui a Constituição para a Europa, o desenvolvimento sustentável deve fundamentar-se no crescimento económico equilibrado, no progresso social e na proteção do ambiente, a nível local e global (CE, 2014).

A crescente preocupação com a proteção do ambiente e com os possíveis impactos ambientais associados a produtos e/ou organizações têm contribuído para a proliferação de iniciativas nacionais e do setor privado estruturadas para avaliar o desempenho ambiental, abordando os principais aspetos ambientais e os potenciais impactos ambientais provenientes da utilização de recursos e de emissões numa perspetiva de ciclo de vida, isto é, considerando todas as fases de um ciclo de vida, a partir da extração de matérias-primas, à produção, à utilização, à gestão final de resíduos e a todos os transportes necessários aos processos existentes.

A comunicação “Política integrada de produtos (PIP) – Desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida” visa a redução da utilização de recursos e dos impactos ambientais de resíduos em cooperação entre as várias partes interessadas de forma a encontrar soluções positivas para o ambiente e para as organizações. Esta política pode representar uma significativa economia nos custos não só para as empresas, mas também para a sociedade (CE, 2004).

Numa economia cada vez mais competitiva, o desempenho ambiental pode apresentar-se também como um fator preponderante nas estratégias de marketing empresarial.

Na comunicação PIP, a Comissão assume a realização de uma análise com o objetivo de apoiar as escolhas dos consumidores através da melhor disponibilização de informações sobre a conceção e o desempenho ambiental dos produtos, sob a forma de declarações de aspetos ambientais, possibilitando assim uma escolha informada dos consumidores, um pequeno passo para o futuro que se avizinhava (CE, 2004).

No ano de 2010, a comunicação “Um Acto para o Mercado Único – Para uma economia social de mercado altamente competitiva – 50 Propostas para, juntos, melhor trabalhar, empreender e fazer comércio” revelava uma nova proposta, onde a Comissão Europeia (CE) se comprometia a avaliar a oportunidade de apresentar uma iniciativa sobre a pegada ecológica dos produtos de modo a introduzir uma metodologia europeia comum de avaliação e rotulagem. Já nesta altura a União Europeia se debatia com a problemática da existência de diferentes normas para medir o desempenho ambiental desenvolvidas a nível setorial ou pelos próprios Estados-Membros. A diversidade e incompatibilidade dos métodos existentes apresentavam-se como uma condicionante à livre circulação de bens e serviços no mercado único, assumindo custos desnecessários para as organizações que os adotavam/adotam (CE, 2010a).

De acordo com a comunicação “Acto para um Mercado Único – Doze alavancas para estimular o crescimento e reforçar a confiança mútua «Juntos para um novo crescimento»” subsiste a necessidade de assegurar que os consumidores tenham acesso a informações fiáveis sobre o desempenho ambiental dos produtos e a imprescindibilidade de uma iniciativa sobre a pegada ecológica dos produtos, a CE mostra através deste documento que continua a sua busca pelos benefícios de natureza económica, social e ambiental através da reflexão (CE, 2011a).

O “Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos” comunicou a criação de uma abordagem metodológica comum para medição e comunicação do desempenho ambiental dos produtos, serviços e empresas com base numa avaliação completa e exaustiva que permita a minimização dos impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida ‘pegada ambiental’ com vista à promoção da produção e consumo sustentáveis. Por conseguinte, este objetivo funde-se no enquadramento relativo ao uso eficiente de recursos e de desenvolvimento de políticas em matéria ambiental, envidando esforços nos domínios estratégicos com vista à utilização de recursos de uma forma mais sustentável de forma reduzir os impactos ambientais associados e, conseqüentemente, fomentando a alteração dos padrões europeus (CE, 2011b).

Posteriormente, a comunicação “Ato para o Mercado Único II – Juntos para um novo crescimento” permitiu definir várias ações-chave para o crescimento, entre as quais estaria a proposta de uma iniciativa sobre o impacto ambiental dos produtos com base na conceção de uma metodologia para o cálculo do impacto ambiental aumentando desta forma a comparabilidade de informações sobre produtos similares e da forma como estas informações podem facilitar as decisões dos consumidores (CE, 2012a).

A comunicação “Reforçar a indústria europeia em prol do crescimento e da recuperação económica – Comunicação de atualização das ações da política industrial” para além de realçar novamente a problemática do desenvolvimento e utilização de diferentes normas entre Estados-Membros evidencia a necessidade de informar de forma simples e concisa os consumidores sobre os produtos/serviços verdes, que têm vindo a integrar o mercado interno, isto é, no que se refere à pegada ambiental destes produtos, sublinha-se a referência à divulgação da iniciativa relativa à pegada ecológica que estaria prevista para o ano de 2013, sob a forma de comunicação (CE, 2012b).

Por último, a comunicação “Construir o Mercado Único dos Produtos Ecológicos – Facilitar uma melhor informação sobre o desempenho ambiental de produtos e organizações” (CE, 2013c) acompanhada da Recomendação 2013/179/UE (CE, 2013a) revela toda a reflexão que a CE menciona em comunicações anteriores sobre a necessidade de comunicar informações ambientais dos produtos/serviços e da proliferação dos mais diversos métodos que exacerba a desconfiança dos consumidores. Esta iniciativa da CE desafia os Estados-Membros a estimular a utilização de dois métodos de medição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações, nomeadamente, a Pegada Ambiental dos Produtos (PAP) e a Pegada Ambiental das Organizações (PAO).

Com a criação dos métodos unificados pretende-se superar a fragmentação do mercado interno no que diz respeito à proliferação da diversidade de métodos existentes, esclarecendo os consumidores que são confrontados com ambiguidades na escolha de produtos e serviços verdadeiramente ecológicos. Dando a possibilidade aos consumidores de aceder a informações ambientais claras, tendo por base uma medição quantificada do desempenho ambiental potencial abrangendo um conjunto vasto de critérios de desempenho ambiental relevantes e, tendo em conta todas as etapas relevantes do ciclo de vida de um produto e/ou organização (CE, 2013d).

1.1. Objetivos

O principal objetivo do presente estudo consiste na aplicação do método da PAP possibilitando a medição e a comunicação do potencial impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do produto, para a telha cerâmica.

O método PAP possibilita a quantificação do desempenho ambiental potencial com o objetivo de identificar os pontos críticos, lacunas e oportunidades de melhoria, tendo em conta todas as etapas relevantes do ciclo de vida da mesma, permitindo assim descrever as pressões que a produção da telha em estudo exerce sobre o ambiente.

Este estudo apresenta-se, não só com o intuito de procurar reduzir os impactos ambientais da produção da telha em estudo na generalidade, mas também de procurar medidas de racionalização que possibilitem a redução dos custos atuais com aqueles que representam os aspetos ambientais significativos na indústria cerâmica fundamentando-se na diminuição da 'pegada ecológica' através do estudo de aplicabilidade de uma das metodologias desenvolvidas pela CE, nomeadamente a metodologia PAP.

1.2. Estrutura do trabalho

De acordo com os objetivos mencionados, o presente relatório está estruturado em seis capítulos que descrevem de forma detalhada o trabalho teórico e prático desenvolvido. O capítulo 1 introduz o tema do projeto e apresenta os principais objetivos deste trabalho.

No capítulo 2 é executada uma síntese da conceção de sustentabilidade ambiental, das pegadas ambientais com maior notoriedade nos últimos anos, do conceito de ciclo de vida e desenvolvimento da metodologia PAP é, ainda efetuada uma breve descrição da ferramenta de apoio e do método de avaliação de inventário de ciclo de vida (AICV) utilizado, assim como das bases de dados fundamentais ao presente estudo. É também, apresentado um breve sumário sobre os procedimentos de validação de dados e sobre o estado da arte da aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e do conceito de pensamento de ciclo de vida na indústria cerâmica.

No capítulo 3 realiza-se a caracterização da organização e do caso de estudo, principalmente, neste item pode encontrar-se a descrição dos produtos e dos processos de produção da telha em estudo, para além das principais informações disponíveis sobre a organização.

O capítulo 4 constitui a parte central do presente relatório e apresenta-se como o relatório principal da aplicação da PAP, inclui desta forma, os seus elementos base. A definição do objetivo do estudo, o âmbito do estudo, a compilação e registo do perfil de utilização dos recursos e emissões, onde são documentados os dados recolhidos dos processos, os procedimentos de cálculo e validação dos dados, assim como quaisquer informações sobre a recolha de dados, identificação dos fluxos específicos, o cálculo dos resultados da avaliação de impacto da PAP no qual é identificado o procedimento de avaliação, os cálculos e os resultados do estudo. E ainda, a interpretação dos resultados, onde constam os elementos base do estudo, tais como: a avaliação da qualidade dos dados, da solidez da aplicação da metodologia, a identificação de pontos críticos ambientais, a descrição qualitativa das incertezas e as conclusões, recomendações e limitações.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais sobre a aplicação da PAP relativamente ao caso de estudo.

Por fim, o capítulo 6 compreende as referências bibliográficas.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

2.Revisão da literatura

A orientação das políticas comuns sob a forma de estratégia de desenvolvimento sustentável constitui um dos princípios orientadores da CE, o que pode verificar-se pelo incremento dado à sua importância nas políticas que têm vindo a ser adotadas nos últimos anos.

A PIP é um exemplo dessas políticas integrando-se na estratégia de desenvolvimento sustentável com o objetivo de enfrentar os desafios ambientais identificados na mesma. A PIP foi concebida de modo a integrar a dimensão do produto na política ambiental, considerando não só as grandes fontes pontuais de poluição, mas também que é necessário ter em conta o ciclo de vida do produto, procurando minimizar os impactos ambientais decorrentes das interações existentes, desde a extração de matérias-primas até à sua eliminação ou reciclagem (CE, 2004).

A comunicação “EUROPA 2020 – Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo” define os objetivos que são representativos das três prioridades estabelecidas pela CE, como a própria designação indica, estas são: o crescimento inteligente, o crescimento sustentável e o crescimento inclusivo. No contexto do presente estudo apenas será dado ênfase ao crescimento sustentável (CE, 2010b).

O crescimento sustentável permite a construção de uma economia sustentável, competitiva, em que os recursos possam ser utilizados de forma eficiente, pelo que a estratégia definida possibilitará “prosperar num mundo hipocarbónico e de recursos limitados, impedindo ao mesmo tempo a degradação ambiental, a perda de biodiversidade e uma utilização insustentável dos recursos” (CE, 2010b).

A concretização dos objetivos estabelecidos em matéria de eficiência de recursos é fundamental para a proteção dos recursos naturais, neste contexto as ações propostas no “Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos” contribuirão de forma proativa para atingir esses objetivos (CE, 2011b).

No que se refere ao consumo e produção sustentáveis, a Comissão comprometeu-se em “elaborar uma abordagem metodológica comum a fim de permitir aos Estados-Membros e ao sector privado a avaliação, apresentação e aferição comparativa do desempenho

ambiental dos produtos, serviços e empresas com base numa avaliação abrangente dos impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida ('pegada ecológica')" (CE, 2011b). No âmbito da criação de um quadro de requisitos mínimos da conceção ecológica é fundamental efetuar medições e disponibilizar informações fiáveis sobre o desempenho ambiental dos produtos, esta metodologia será o apoio deste objetivo.

2.1. Sustentabilidade ambiental

A sustentabilidade ambiental é um conceito baseado em aspetos biogeofísicos, este conceito fundamenta-se na manutenção e melhoria da integridade dos sistemas que suportam a vida na terra. A compreensão deste conceito assenta na perceção da atividade humana relacionando-a com o conceito de interdependência ecológica, de forma a delinear os limites dos recursos existentes. Portanto, a sustentabilidade corresponde à sobreposição entre suportar as necessidades das atividades humanas e a preservação dos ecossistemas, possibilitando a sua continuidade (Morelli, 2011).

Com o propósito de manter os benefícios que os ecossistemas proporcionam é necessário que a população viva de acordo com as limitações existentes no ambiente, sendo esta uma questão que há muito se tem vindo a debater na comunidade científica. Muitos indicadores têm sido desenvolvidos e testados ao longo dos anos para tentar definir aquilo que são considerados, os limites da sustentabilidade, sendo muito limitada a quantidade de experiências com indicadores que traduzem a qualidade ambiental de forma a atingir os níveis criados a partir da perspetiva de desenvolvimento sustentável (Moldan, Janoušková, & Hák, 2012).

A pesquisa de Milne, Kearins, & Walton (2006) sugere que muitas das organizações descrevem a sustentabilidade, segundo a seguinte metáfora: uma 'viagem' sem destino explícito ou limites quantificáveis e defendem que esta forma de encarar a sustentabilidade adia a mudança necessária a que as condições fundamentais sejam criadas, nesse sentido é necessário incorporar critérios para que a sustentabilidade de todo o sistema seja respeitada.

Posteriormente Rockström *et al.* (2009) propuseram um quadro baseado nos limites planetários definindo o "espaço operacional seguro" no que diz respeito aos sistemas/subsistemas ou processos biofísicos do planeta, identificando os processos do sistema para os quais acreditam ser necessário definir limites, sendo estes: as alterações climáticas, a taxa de perda de biodiversidade (terrestre e marinha), a interferência com ciclo do azoto e do fósforo, a depleção do ozono estratosférico, a acidificação dos

oceanos, o uso mundial de água doce, as alterações no uso de terra, a poluição química e a carga de aerossóis atmosféricos.

Os limites da taxa de perda de biodiversidade, do ciclo do azoto e das alterações climáticas já foram ultrapassados, estando os restantes sob pressão devido à degradação ambiental e dos efeitos sistémicos em cascata de uns processos para outros (Rockström *et al.*, 2009).

Segundo Whiteman, Walker, & Perego (2013) a transgressão destes limites contribui para o aumento do risco das alterações climáticas irreversíveis, pois se um limite sofre uma transgressão a título individual comprometerá a capacidade de um subsistema ou processo, o que acarretará um incremento do risco associado a que outros limites também sejam transpostos. Estes consideram também que o quadro de limites planetários definido por Rockström *et al.* (2009) deve incentivar as empresas a compreender os seus impactos e a definir as suas práticas de sustentabilidade no âmbito dos nove limites planetários referidos anteriormente.

Neste percurso de identificação de limites e metas há ainda muito a fazer, tendo por base as melhores informações disponíveis em comparação com os resultados dos indicadores avaliados. A indefinição científica em relação aos riscos de transgressão dos limites da sustentabilidade torna necessário a aplicação do princípio da precaução em qualquer atividade (Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf, 2014).

Tendo em conta que não existe um quadro de avaliação de sustentabilidade globalmente aceite como base de apoio ao desenvolvimento de políticas, a nível europeu têm-se feito esforços para o desenvolvimento de uma proposta para o preenchimento da atual lacuna dando origem à European Sustainability Footprint (ESF) – Sustentabilidade da Pegada Europeia. Este quadro pretende estabelecer linhas de orientação em relação ao consumo e produção sustentáveis e, desta forma tornar-se um apoio à melhoria das políticas existentes, segundo Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf (2014).

A ESF fundamenta-se em indicadores baseados no ciclo de vida integrando as vertentes ambiental, social e económica, os quais foram criados pela CE de forma a avaliar e acompanhar o progresso em função de determinados limites/metastas de sustentabilidade e definidos com o objetivo primordial de respeitar os limites do planeta e a conservação dos recursos, compete assim à UE adaptar este quadro à natureza global dos desafios da sustentabilidade (Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf, 2014).

2.2. Pegadas ambientais

O conceito de pegada é associado comumente à medida quantitativa utilizada para comunicar a quantidade de recursos naturais necessários ao suporte das atividades desenvolvidas pela população impondo diferentes tipos de cargas sobre a sustentabilidade global (Čuček, Klemeš, & Kravanja, 2012).

Nos últimos anos o número de iniciativas de avaliação da pegada tem aumentado significativamente, a CE (2013a) considera que esta multiplicação não é de todo positiva para a adoção de políticas sustentáveis, devido à desconfiança que pode gerar junto dos consumidores e dos custos adicionais que acarretará para as organizações.

Algumas destas iniciativas têm resultado de relatórios voluntários movidos por fundações, investigadores e outras partes interessadas. Estes incluem, por exemplo, o projeto da Pegada Ecológica, o projeto da Pegada Hídrica e o projeto da Pegada de Carbono

2.2.1. Pegada ecológica

O conceito de pegada baseia-se na medida de ocupação do espaço ecológico disponível, tendo origem no conceito de pegada ecológica. De acordo com Wackernagel *et al.* (1999) a pegada ecológica representa as exigências em termos de recursos naturais críticos de uma economia ou população definida correspondendo à área biologicamente produtiva, visto que a área da pegada depende do tamanho da população, do tempo de vida dos materiais, das tecnologias utilizadas e da produtividade ecológica, portanto esta consiste numa medida de bioprodutividade.

A tese desenvolvida por Wackernagel (1994) tinha como objetivo desenvolver e testar o projeto da pegada ecológica como uma ferramenta que fosse ao encontro das necessidades impostas pela evolução do conceito de sustentabilidade ambiental.

Neste sentido, Wackernagel (1994) procurou que esta se tornasse um instrumento significativo na medição biofísica, possibilitando a agregação do atual suporte biofísico à capacidade de carga apropriada, ou seja, à idoneidade do planeta.

A pegada ecológica é também designada por “capacidade de carga apropriada”. Esta define-se pelo tamanho máximo que uma população de certa(s) espécie(s) pode ter numa determinada área, na qual esta se consegue manter sem reduzir a capacidade de sustentar a(s) mesma(s) espécie(s) no futuro (Daily & Ehrlich, 1992).

De acordo com Rees (1992) a pegada ecológica corresponde à área total de terra necessária para sustentar uma região urbana, sendo esta calculada em hectares. Os dados utilizados para este tipo de estimativas apresentam uma grande variabilidade o que pode estar associado a uma elevada probabilidade dos resultados obtidos terem grandes erros associados.

A utilização do conceito de pegada como ferramenta tornou-se num quadro amplamente aceite e adotado para calcular as necessidades humanas num subconjunto de bens e serviços de ecossistemas em relação à biocapacidade global (Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf, 2014).

2.2.2. Pegada hídrica

A pegada hídrica foi um método desenvolvido pioneiramente por Hoekstra A. Y. (2003), o qual pode ser utilizado para calcular a pegada hídrica de cada país (Hoekstra & Chapagain, 2007). O resultado constitui um indicador multidimensional que mostra os volumes de consumo de água em função do volume de poluição por tipo de fonte de um produto, considerando a utilização de água de forma direta e indireta e cada uma das componentes da pegada hídrica total (Hoekstra, Chapagain, Aladaya, & Mekonnen (2011).

A pegada hídrica total é constituída por outras componentes, tais como (Hoekstra & Mekonnen, 2011):

- a pegada hídrica azul refere-se ao consumo de água azul, águas superficiais e subterrâneas ao longo da sua cadeia produtiva, onde 'consumo' se define como a perda de água disponível numa bacia hidrográfica e as perdas como a ocorrência de evaporação através da qual esta permanece noutra bacia, no mar ou é incorporada noutra produto;
- a pegada hídrica verde refere-se ao consumo de água verde (água de chuva, caso não exista escoamento);
- pegada hídrica cinza refere-se à poluição, e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais das águas e dos padrões de qualidade das água existentes.

A perseverança de obter uma melhoria em relação às propostas antigas relativas à pegada hídrica levou a que Hoekstra, Mekonnen, Chapagain, Mathews, & Richter (2012), reconhecendo o esforço realizado ao longo das suas investigações, admitissem, mais

recentemente, o foco dado à pegada hídrica azul em detrimento da importância da pegada verde em estudos executados anteriormente e, publicam os desenvolvimentos alcançados em relação ao indicador de escassez de água global combinando algumas das inovações propostas por diversos autores em estudos mais atuais.

O cálculo do indicador baseia-se atualmente na relação consumo/disponibilidade ao invés de considerar somente o consumo, integrando assim a perspectiva de pegada verde, representa os fluxos necessários às funções ecológicas críticas – agrícolas, industriais e domésticas e, por fim, o intervalo de tempo considerado alterado de anual para mensal. Ou seja, a disponibilidade de água azul é considerada neste método como “o volume de água que pode ser consumida sem impactos ecológicos adversos expectáveis”, apresentando-se a pegada azul mensal como “o volume de água superficial e subterrânea consumida no decorrer das várias atividades distinguidas, referindo-se ao volume de água doce utilizado e, em seguida, evaporado ou incorporado num produto, tendo em conta o escoamento natural de uma bacia hidrográfica” (Hoekstra, Mekonnen, Chapagain, Mathews, & Richter, 2012).

Ainda relacionado com a pegada hídrica Pfister, Koehler, & Hellweg (2009) desenvolveram estudos com base num indicador de escassez de água, de forma, a avaliar os impactos ambientais com base na relação consumo/disponibilidade de água, com a determinação de disponibilizar um enquadramento para ACV que permita modelar o uso de água e disponibilizar informação a nível regional.

O indicador resultante resume-se ao volume de água consumido e avalia somente o consumo de água em função do seu uso, onde o consumo de água representa o consumo de água superficial, ou seja, o consumo através de evaporação, incorporação em produtos ou resíduos, transferência para outras bacias hidrográficas ou expulsão no mar após a sua utilização.

O método *Eco-Indicator* 99 firma-se na publicação de Pfister, Koehler, & Hellweg (2009), baseando-se nas mesmas categorias de dano, o indicador de saúde humana apoia-se no indicador de escassez de água e é obtido através da modelação causa-efeito da privação de água para fins agrícolas levando à subnutrição, tendo em conta os seguintes fatores:

- a partilha do uso de água para fins agrícolas de Vörösmarty, Green, Salisbury, & Lammers (2000);
- um parâmetro sócio-económico definido como fator de desenvolvimento humano para a subnutrição que relaciona os índices de desenvolvimento humano;

- dois valores independentes da região combinados num fator de efeito que descreve a água privada para fins agrícolas, sendo estes relativos aos requisitos de água per capita, de forma, a evitar a subnutrição e ao fator de dano causado pela desnutrição.

A qualidade do ecossistema é, desta forma, estabelecida pela cadeia causa-efeito do consumo de água doce na qualidade do sistema terrestre e avaliado a partir do método *Eco-indicator* 99 com base no potencial de extinção de espécies, este apresenta ainda um outro indicador relativo ao dano ao nível dos recursos, mas que não será abordado, pois não se fundamenta no conceito de pegada.

Também Boulay, Bulle, Bayart, Deschênes, & Margni (2011) não só estabeleceram um método com indicadores em função da escassez de água, mas envolvendo também a saúde humana. A partir das pesquisas executadas foi possível modelar a avaliação de potenciais impactos devido a perdas na disponibilidade de água ou uso humano causado por uso destrutivo através de dois indicadores. O indicador relacionado com os potenciais impactos na saúde humana que reflete consequências como a subnutrição devido à privação de água para utilização agrícola e pescas e a propagação de doenças associadas à ausência de água para fins domésticos. Outro indicador foi estabelecido ao nível dos impactos nos recursos naturais numa razão de consumo/disponibilidade, tal como os referidos anteriormente.

Em síntese, Ercin & Hoekstra (2014) verificaram através de vários cenários em termos de alterações dos padrões de consumo a possibilidade da redução na pegada de água global não obstante do crescimento das populações, constatando que por meio de mudanças nos comportamentos sociais atuais e da orientação de políticas nacionais e internacionais que compreendam esta problemática se podem atingir reduções significativas nos impactos ambientais atuais e permitir a conservação dos recursos do planeta.

2.2.3. Pegada de carbono

A pegada de carbono é determinada sob a forma de uma contagem padrão de emissões, nomeadamente, o somatório das emissões de Gases com Efeito Estufa (GEE) gerados por uma organização, evento ou produto num horizonte de tempo de 100 anos. Neste caso o cálculo do impacto nas alterações climáticas pode ser efetuado através da soma de todas as emissões com efeito de estufa por kg em termos da intensidade do seu impacto expresso por meio de uma substância equivalente única, unidades de CO₂

equivalente (CO₂ e) (EC, 2014).

O cálculo das emissões de GEE baseia-se no *Global Warming Potential (GWP)* ou Potencial de Aquecimento Global (PAG), este fator é utilizado para calcular o potencial relativo de aquecimento climático de um gás com efeito de estufa de, tal forma, que permite a sua comparação com os restantes GEE, sendo estes dados disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, (2014) – Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas. Esta métrica consiste, assim num único indicador que descreve os potenciais efeitos das emissões de GEE num período fixo de 100 anos (GWP100) através da relação entre a carga de poluentes e os respetivos fatores de caracterização, distinguindo-se em (World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2011):

- Emissões provenientes de fontes fósseis;
- Emissões de fontes de carbono biogénico;
- Armazenamento de carbono.

A denominação comum de pegada de carbono é substituída por *World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*, (2011) como *Product GHG inventories* – inventários de GEE do produto. Neste documento definem-se os princípios, estabelece-se o âmbito e os principais requisitos, já nas ISO 14064 e ISO/DIS 14067 são estabelecidas as directrizes pelas quais devem ser elaborados os relatórios de inventário GEE, considerando os requisitos de quantificação de emissões, os quais devem ser contabilizados pelas organizações.

Embora o conceito da pegada de carbono seja relativamente novo, a ideia de calcular as emissões de GEE não é recente. Segundo Čuček, Klemeš, & Kravanja (2012) este método provém, provavelmente, do método *Global Warming Potential (GWP)* – Potencial de Aquecimento Global definido pela primeira vez por Høgevoid (2003).

Esta é apenas uma parte da família de conceitos de pegadas no seio das pegadas ambientais, tendo sido dado ênfase às pegadas que mais evoluíram tendo sido reconhecidas pela sua incorporação em métodos ACV. Assim como nas últimas duas décadas surgiram inúmeras iniciativas, espera-se que esta área continue em progresso, possibilitando o apoio de políticas e demonstrando-se como um importante instrumento orientador para a mudança.

O relatório de *United Nations Environment Programme (UNEP)* (2012) apoia algumas das

constatações realizadas por vários autores que viabilizaram o desenvolvimento do conceito de pegada, evidenciando que a revisão de cenários sugere a alteração de políticas para reduzir as alterações no sistema terra, nomeadamente, através da utilização de instrumentos que possibilitem reduzir o uso abusivo de recursos e a sua poluição.

Neste relatório é ainda referido que apesar dos enormes desafios nas políticas, existem oportunidades de inovar e modificar pensamentos, é importante combater as tendências ambientais atuais desde a raiz e não apenas os seus sintomas. Estes salientam ainda que a reestruturação de políticas deve incidir nos principais quadros institucionais estimulando a alteração de mentalidades e a motivação dos cidadãos para inverter a degradação ambiental que os rodeia (UNEP, 2012).

A evolução da sustentabilidade exige a redefinição da produção, consumo e gestão de resíduos, para isso é necessário definir conceitos inequívocos, utilizar dados precisos, entre outros, muitas são as questões que continuam em aberto na literatura (Čuček, Klemeš, & Kravanja, 2012).

2.3. Conceito de Avaliação do Ciclo de Vida

O conceito de ACV veio fortalecer a quantificação do desempenho ambiental destacando-se como ferramenta de gestão ambiental, proporcionando a realização de estudos mais críticos e detalhados. Não obstante da importância que tem sido dada às “pegadas ambientais” mencionadas anteriormente, o conteúdo do conceito em que se apoiam parece não ser suficiente para a “medição da sustentabilidade”, segundo Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf (2014), sendo necessário considerar um conjunto mais amplo de critérios ambientais do que o que é acomodado pela pegada ecológica.

A abordagem *Life Cycle Thinking* (LCT) – Pensamento de Ciclo de Vida e a análise *Life Cycle Assessment* – Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) preenchem esse vazio, apresentando-se como abordagens científicas de apoio às atuais políticas ambientais e à decisão de negócios relacionados com o consumo e produção sustentáveis. A CE lançou diversas atividades para fortalecer o LCT na política e contexto de negócios, da PIP resultou a criação do *International Reference Life Cycle Data System (ILCD)* - Sistema Internacional de Referência de Dados de Ciclo de Vida o qual fornece uma base comum para dados de ciclo de vida com consistência e garantia de qualidade de estudos (EC, 2010a).

Especificamente, o ACV é um método para avaliar o impacto ambiental associado a um produto, processo ou atividade durante todo o seu ciclo de vida, ou seja, desde a extração de recursos ('berço'), através da produção de materiais, fabricação, utilização, manutenção, para a reciclagem, recuperação, reutilização ('berço') ou eliminação ('sepultura') incluindo todas as etapas de transporte, identificando e descrevendo, tanto quantitativamente como qualitativamente todas as interações na perspectiva de cadeia de aprovisionamento desde os fluxos de materias/energia às emissões deles resultantes, assim como dos fluxos de resíduos (Georgakellos, 2005; Bersimis & Georgakellos, 2013).

Segundo a norma ISO 14044:2006, a ACV consiste na compilação e análise das entradas, saídas e potenciais impactos ambientais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Portanto esta abordagem tem em consideração todo o espectro de fluxos de recursos e de intervenções ambientais existentes.

A ACV pode tomar várias abordagens consoante os limites do sistema escolhidos para avaliar, desde uma análise em circuito aberto '*cradle-to-grave*' – do berço à sepultura, bem como uma das possíveis análises em circuito fechado '*cradle-to-gate*' – do berço à porta; '*gate-to-gate*' – da porta à porta ou '*gate-to-grave*' – da porta à sepultura (Čuček, Klemeš, & Kravanja, 2012).

A abordagem LCT é fulcral na gestão de interações importantes que podem ocorrer a montante ou a jusante da cadeia de aprovisionamento evitando deste modo a deslocação intencional de cargas (Pelletier, Maas, Goralczyk, & Wolf, 2014).

A ACV mostra-se como um instrumento adequado para o apoio à decisão ambiental e tem ganho cada vez mais aceitação por parte da comunidade científica e pela indústria, pois estes métodos surgiram de métodos existentes, protocolos internacionalmente padronizados, como as normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 e a sua estrutura de quantificação estabelecida para a operacionalização do conceito de ciclo de vida (Bersimis & Georgakellos, 2013).

A norma ISO 14040:2006 estabelece os princípios, o enquadramento e a estrutura a que este deve obedecer para realizar uma ACV, enquanto a norma ISO 14044:2006 especifica os requisitos e disponibiliza indicações para a realização para a ACV.

Um estudo ACV divide-se em 4 fases principais, nomeadamente:

- a) a fase de definição de objetivo e âmbito;
- b) a fase de análise do inventário (ICV);

- c) a avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV);
- d) a fase de interpretação dos resultados.

Tal como é, de seguida, exposto na figura 1, onde se encontra uma esquematização do quadro metodológico de ACV.

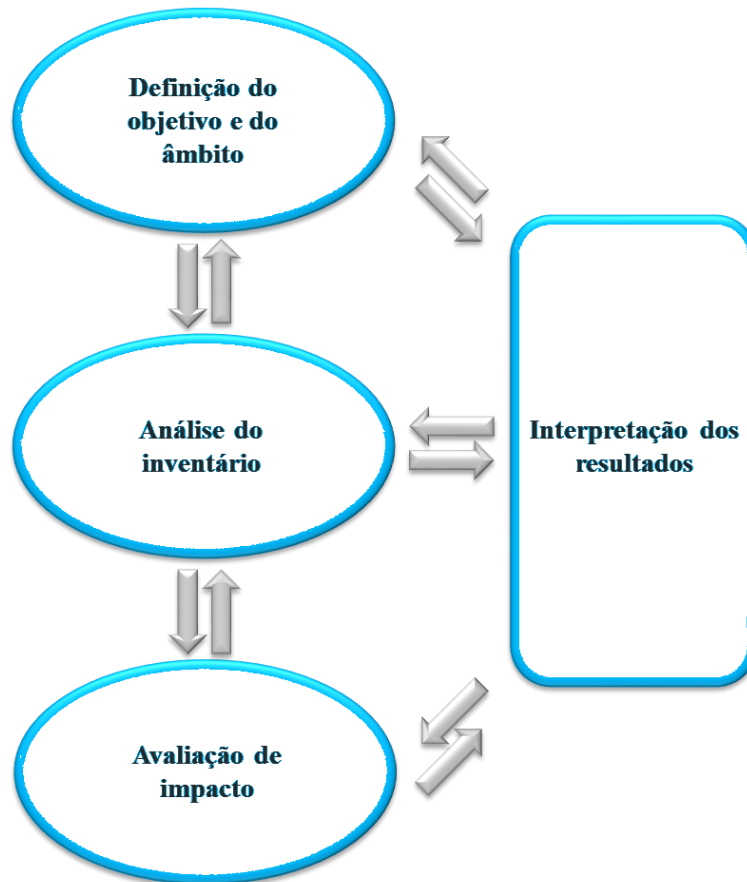


Figura 1 - Quadro geral de avaliação do ciclo de vida.

Para além das fases principais de uma ACV referidas anteriormente, são ainda parte integrante da realização de uma ACV as seguintes fases:

- Comunicação através de relatório e revisão crítica;
- Limitações da ACV realizada;
- Relação entre as fases;
- Condições para o recurso a escolhas de valor e elementos opcionais.

Estas abrangem somente estudos de ACV e ICV, sem que seja especificadas metodologias para cada uma das fases em particular.

A AICV apresenta na maioria dos casos os seguintes elementos: classificação e caracterização, normalização, ponderação e avaliação, não tendo obrigatoriamente de

apresentar os passos de normalização e ponderação (CE, 2013b).

Apesar do número de metodologias existentes sobre AICV, e considerando que a maioria destas metodologias tem maior ou menor subjetividade, os seus resultados apresentam fraca uniformidade, segundo Bersimis & Georgakellos (2013).

2.4. *Desenvolvimento da metodologia europeia*

2.4.1. *Desenvolvimento da metodologia*

A estratégia “EUROPA 2020 – Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo” (CE, 2010b) e o “Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos” (CE, 2011b) prezam pelo aumento da produtividade dos recursos através da desagregação do crescimento económico da utilização de recursos e dos impactos ambientais associados, neste contexto foi adotada a Recomendação 2013/179/UE sobre a utilização de métodos comuns para a medição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações (CE, 2013a).

Em 2010 no âmbito do Plano de Ação para a Produção e Consumo Sustentáveis o Conselho Europeu solicitou à CE o desenvolvimento de metodologias que facilitassem o estabelecimento de auditorias de carbono para organizações e de cálculo da pegada de carbono de produtos (CE, 2013c).

No seguimento dessa solicitação foram efetuados estudos sobre métodos da Pegada de Carbono dos Produtos que envolviam não só outras normas metodológicas e iniciativas, mas também o tipo de abordagem necessária às futuras políticas ambientais. A principal conclusão das análises efetuadas pelo grupo de trabalho resume-se à importância de ter em consideração todos os impactos ambientais dos produtos, de uma forma equilibrada. Tendo em conta esta conclusão iniciou-se o projeto da pegada ambiental dos produtos com o objetivo de desenvolver uma metodologia harmonizada que compreendesse todas as recomendações provenientes dos estudos realizados e um conjunto de critérios ambientais mais amplo (EC – European Commission, 2013).

A comunicação “Construir o Mercado Único dos Produtos Ecológicos – Facilitar uma melhor informação sobre o desempenho ambiental de produtos e organizações” (CE, 2013c) e a Recomendação 2013/179/UE sobre a utilização de métodos comuns para a medição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações (CE, 2013a) permitiram o estabelecimento das duas metodologias, nomeadamente, PAP e PAO, sendo estas resultado de um processo complexo de análise

e consulta das várias partes interessadas. A multiplicidade de partes interessadas garante, assim, a legitimidade e aceitabilidade dos documentos que integram a recomendação (EC, 2013). Os guias técnicos para o cálculo da PAP e da PAO foram publicados como anexo da Recomendação 2013/179/EU.

Em 2014 iniciou-se o período de ensaio que se espera que seja de três anos com o objetivo de estabelecer e validar o processo de desenvolvimento de Regras de Categorias de Pegada Ambiental dos Produtos (RCPAP), incluindo o desenvolvimento de padrões de desempenho, teste de diferentes sistemas de conformidade e verificação, com o intuito de estabelecer e validar de forma efetiva e eficiente e de testar diferentes tipos de comunicação, tais como, comunicação entre empresas ou da empresa ao consumidor, para adicionar informação sobre a PAP em colaboração com as partes interessadas. Uma segunda fase assentará numa avaliação abrangente dos resultados deste período de ensaio e de outras ações através das quais a CE decidirá as futuras aplicações políticas dos métodos da PAP e da PAO (EC, 2013).

Os estudos da PAP e da PAO introduzem várias melhorias importantes em comparação com outras, entre as quais, uma clara identificação das potenciais categorias de impacto ambiental a considerar para efetuar uma ACV completa, a quantificação da qualidade dos dados, o estabelecimento de requisitos mínimos dos mesmos e instruções técnicas mais claras de modo a abordar aspetos críticos do estudo da ACV (CE, 2013b).

Pelletier, Allacker, Pant, & Manfredi (2014) apontam que a metodologia da PAP é mais vasta que a metodologia da PAO, pois a quantidade de métodos e padrões existentes que permitem calcular o desempenho ambiental do produto é superior aos de cálculo de desempenho ambiental das organizações, ao nível do produto os métodos e padrões existentes tendem a seguir a 'linha de pensamento' da norma ISO 14044:2006, enquanto não existe nenhum padrão com ampla aplicabilidade e aceitação para as organizações. Em geral, os guias existentes para os produtos são mais desenvolvidos, mais prescritivos e compreensíveis que os guias existentes para as organizações (EC, 2011a).

O método da PAP foi desenvolvido com base no *ILCD Handbook - Manual ILCD*, bem como através de outras normas metodológicas pré-existentes, globalmente testadas e aceites, nomeadamente, as normas internacionais: ISO 14044:2006, ISO/DIS 14067:2012 (projeto) e, ainda, ISO 14025:2006 e ISO 14020:2000; *Publicly Available Specification 2050* (PAS 2050) - Norma do Reino Unido para a pegada de carbono dos produtos; *Référentiel de bonnes pratiques BP X30* - Pegada ambiental francesa BPX 30-323-0; *Greenhouse Gas Protocol* de WRI/WBCSD - Protocolo sobre Gases com Efeito de

Estufa de Instituto dos Recursos Mundiais/Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável e *Ecological Footprint Standards* – Normas relativas à pegada ecológica (CE, 2013b).

O método da PAP foi a metodologia harmonizada escolhida para a execução deste projeto, desta forma apenas será abordada a forma como esta foi desenvolvida, excluindo o método da PAO, tendo sido método da PAP apontado por investigadores referidos anteriormente como a melhor opção entre PAP e PAO.

Dada a extensão dos estudos com abordagem do ciclo de vida e, ainda com a falta de experiência e conhecimentos especializados em ACV para aceitar o desafio de aplicação da PAO e, particularmente, devido à grande diversidade de produtos produzidos na organização, o que se reflectiria num processo de desenvolvimento demasiado moroso e extenso. Deste modo, optou-se pela aplicação da metodologia PAP possibilitando focar o(s) produto(s) com maior interesse do ponto de vista da organização, agilizando o processo de avaliação do desempenho ambiental.

2.4.2. Pegada Ambiental do Produto (PAP)

O guia sobre a PAP fornece orientação técnica detalhada sobre como um estudo da pegada ambiental deve ser levado a cabo, ou seja, sobre como a metodologia deve ser estabelecida possibilitando a modelação do ciclo de vida do produto com base nos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida considerado, tendo em conta os fluxos de materiais/energia e das emissões compreendidas nos limites do sistema em estudo.

O estudo sobre a PAP segue uma determinada ordem nas fases metodológicas de forma a manter os princípios aplicáveis ao estudo, nomeadamente, a relevância, exaustividade, coerência, exactidão e transparência com a finalidade de aferir o desempenho ambiental do produto expondo potenciais soluções relativas aos impactos ambientais relevantes.

O guia sobre a PAP define várias fases de um estudo, designadamente:

- Definição dos objetivos do estudo;
- Definição do âmbito do estudo;
- Criação do perfil de utilização de recursos e de emissões;
- Realização da avaliação de impacto da pegada ambiental;
- Interpretação e comunicação da pegada ambiental.

A fase de revisão da pegada ambiental é uma fase transversal a todas as fases mencionadas acima, pois todas as fases definidas no estudo sobre a PAP são alvo de revisão contínua. Apesar da sua relevância esta não será executada durante o desenvolvimento do presente trabalho, a revisão da pegada ambiental poderá ser considerado o resultado da realização da prova de mestrado.

As fases metodológicas constituem componentes obrigatórias na apresentação de um relatório sobre a PAP. Os relatórios são compostos por três elementos principais, especificamente: a síntese, o relatório principal e o anexo.

Pode ainda existir um quarto elemento que corresponde ao relatório confidencial, sendo este um elemento de informação facultativa no relatório.

Na síntese deve constar um resumo dos elementos principais abordados ao longo do relatório principal, tais como: os conteúdos principais do objetivo e âmbito do estudo, os resultados do perfil de utilização dos recursos e de emissões e os principais itens da avaliação de impacto, informações sobre a qualidade dos dados, os pressupostos e as limitações, apresentação dos resultados avançados pelo estudo e uma breve análise das incertezas sobre os resultados obtidos.

O relatório principal deve compreender os seguintes elementos: o objetivo do estudo, onde se inclui a(s) aplicação(ões) prevista(s), limitações relativas à metodologia ou às categorias de impacto consideradas, motivos para a realização do estudo, público-alvo, se o estudo se destina a afirmações comparativas para divulgação ao público e RCPAP de referência, a entidade que encomenda o estudo; âmbito do estudo; compilação e registo do perfil de utilização de recursos e emissões; cálculo dos resultados da avaliação de impacto da PAP e por último a interpretação dos resultados da PAP.

O anexo deve integrar os seguintes itens: a descrição dos pressupostos, mesmo os que se mostraram ser irrelevantes ao longo do estudo realizado; o relatório de revisão crítica, a revisão crítica resultado da revisão externa independente e, caso existam, respostas às recomendações, a exposição do perfil de utilização dos recursos e de emissões pode ser facultativa, assim como a autodeclaração pelos revisores sobre a qualificação obtida.

Por fim, o relatório confidencial abrange a totalidade dos dados necessários ao cálculo dos impactos ambientais do produto, inclusivamente os dados que não são tratados e qualquer informação confidencial utilizada que não haja pretensão de divulgação externa.

2.5. Descrição da ferramenta de apoio

Neste estudo foi utilizado o *software* SimaPro como ferramenta apoiando-se nas bases de dados descritas anteriormente. O *software* SimaPro foi desenvolvido nos anos 90 pela organização Pré Consultants com o intuito de tornar a sustentabilidade um conceito que se baseia em factos, por outras palavras, em atribuir-lhe uma métrica, este tem sido construído ao longo dos tempos através da liderança em pensamento ACV pelas importantes contribuições de individualidades em termos de desenvolvimento político e de investigação (Pré Consultants B.V., 2015b).

Esta organização detém uma reputação de um nível bastante elevado em comparação com outros criadores de *software* e investigadores de ACV, sendo este *software* considerado por muitos líder mundial em avaliação de impactos ambientais e sociais, “recorrendo ao estado de arte de metodologias e ferramentas para a criação de um negócio de valor que permite alterar a visão do conceito de sustentabilidade” (PRé Consultants B.V., 2015c).

O *software* disponibiliza conjuntos de informações fáceis de usar da óptica do utilizador e com características valorizadas no que diz respeito à metodologia ACV, a transparência e credibilidade de informação, mantendo a representatividade de dados numa evolução constante que prime pela melhoria contínua, envidando esforços para a incorporação das metodologias mais recentes.

A inclusão da base de dados Ecoinvent, base de dados de referência mundial, com processos unitários, parâmetros de incerteza e opções para facilitar decisões que se prendem com processos multifuncionais. O SimaPro dispõe assim de um elevado nível de transparência, recorrendo a uma base científica, facilitando a visualização de redes de aprovisionamento complexas disponibilizando uma panóplia de opções e suposições para a obtenção de resultados de alta qualidade (PRé Consultants B.V., 2015d).

Este *software* contribui para diversos desenvolvimentos tendo por base o conceito de ciclo de vida, entre eles estão: iniciativas da indústria; iniciativas de sustentabilidade global; projetos europeus de investigação e desenvolvimento de ACV, como o sistema *ILCD* e o guia sobre a PAP, base do presente estudo; o *software* SimaPro e métodos de AICV como o *Reduced Energy Consumption in Plastics Engineering* (ReCiPe) e o *Eco-indicator 99* (PRé Consultants B.V., 2015c).

O SimaPro disponibiliza atualmente os seguintes métodos: Building for Environmental

and Economic Sustainability (BEES), BEES+; Berger *et al.* 2014 (*Water Scarcity*); Boulay *et al.* 2011 (*Human Health*); Boulay *et al.* 2011 (*Water Scarcity*); Center of Environmental Science of Leiden University – Impact Assessment (CML-IA) (Guinée, 2001); Cumulative Energy Demand (CED); Cumulative Exergy Demand (CExD); Ecological footprint; Ecological Scarcity 2006 (*Water Scarcity*); Ecological scarcity 2013; Ecosystem Damage Potential (EDP), Environmental Product Declarations (EPD) EPD 2013; Environmental Design of Industrial Products (EDIP), EDIP 2003 (Wenzel, Hauschild, & Alting, 1997; Hauschild & Potting, 2003); Environmental Priority Strategies in product design (EPS) (Steen, 1999), EPS 2000; Greenhouse Gas Protocol; Hoekstra *et al.* 2012 (*Water Scarcity*); ILCD 2011; IMPact Assessment of Chemical Toxicants (IMPACT) (Humbert, Margni, & Jolliet, 2005), IMPACT 2002+; IPCC 2013 (Solomon, *et al.*, 2007); Motoshita *et al.* 2010 (*Human Health*); Pfister *et al.* 2009 (*Eco-indicator 99*) (Goedkoop, Effting, & Collignon, 2000); Pfister *et al.* 2009 (*Water Scarcity*); Pfister *et al.* 2010 (ReCiPe); ReCiPe Endpoint, ReCiPe Midpoint, Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts (TRACI), nomeadamente, o TRACI 2.1 (Bare, 2002) e UNEP- Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) toxicity model (USEtox) (Pré Consultants B.V., 2015b).

Pieragostini, Mussati, & Aguirre (2012) nomeiam os métodos citados anteriormente entre outros existentes nas suas contribuições para o estudo da otimização do processo de implementação de metodologias ACV.

Atualmente existem diferentes tipos de licenças para o uso deste software distinguindo-se inicialmente entre educacional ou para negócios (PRé Consultants B.V., 2015e).

Para além destas opções pagas em função do tempo da licença adquirida e do tipo e modalidade escolhida existe ainda a versão gratuita e experimental, designada por demo, sucintamente, consiste numa demonstração das opções que o software disponibiliza e da forma como a sua utilização pode ser orientada em função de determinados objetivos de ACV (PRé Consultants B.V., 2015g).

A metodologia de base do *software* admite a identificação dos processos causadores de impactos mais relevantes em cada fase do ciclo de vida, atua como um facilitador de ACV no desenvolvimento de declarações ambientais de produtos (DAP) e de metas de sustentabilidade.

O SimaPro é utilizado como ferramenta profissional para recolha, análise e monitorização da performance ambiental de produtos e serviços, simplificando a modelação e análise

de ciclos de vida complexos de uma forma sistemática, permitindo aferir o desempenho ambiental através da análise de todas as fases do ciclo de vida, possibilitando ainda a identificação de pontos críticos em todos os aspetos considerados na cadeia de aprovisionamento, desde a extração de matérias-primas até ao fim de vida ou eliminação.

Atuando, principalmente, como verificador da retórica de que os materiais ou processos necessitam de uma maior atenção por parte dos responsáveis pelas tomadas de decisão e a determinação de pontos críticos constitui um apoio essencial na fundamentação das decisões, muitas vezes incontornáveis, em factos científicos e informações práticas que suportam a sua melhor compreensão (Pré Consultants B.V., 2015b).

2.6. Descrição do método AICV utilizado

O método AICV utilizado encontra-se em total conformidade com o método constante no Manual *ILCD*. Um dos documentos integrantes do Manual *ILCD* (EC, 2010b) faculta o enquadramento e os requisitos de todos os modelos incluídos no método. Recomendações *ILCD* para avaliação de inventário de ciclo de vida no contexto europeu, comumente denominado, método *ILCD 2011 Midpoint +*. Este guia emerge do desenvolvimento e aplicação dos critérios de avaliação utilizados nos procedimentos realizados pelos serviços da CE, Agência Europeia do Ambiente, Comité Europeu de Normalização (CEN) e os representantes da PIP dos 27 Estados Membros da União Europeia. O método foi desenvolvido a partir de métodos já existentes integrados e de várias pesquisas em ACV mais recentes e avançadas possibilitando o desenvolvimento deste método incorporando modelos que abrangem as seguintes áreas de proteção:

- Saúde humana;
- Meio ambiente;
- Recursos naturais.

Este suporta ainda a análise efetuada às categorias de dano e aos possíveis indicadores que analisam desde as emissões para o ar, água e solo, bem como o consumo de recursos resultantes da cadeia de aprovisionamento de um dado produto ou serviço relacionando-os com as três áreas de proteção referidas, possibilitando o cálculo do impacto potencial para cada uma das categorias de impacto ambiental selecionadas.

As categorias de impacto consideradas neste método são as categorias específicas de impacto definidas no guia sobre a PAP como as classes de utilização dos recursos e as emissões de substâncias nocivas para o ambiente que também podem afetar a saúde humana. Os métodos de avaliação de impactos utilizam modelos para quantificar as

relações causais entre as entradas de materiais/energia e as emissões associadas ao ciclo de vida do produto e a cada categoria (CE, 2013b).

Na tabela 1 é apresentada uma lista por defeito das categorias de impacto da PA apresentado pelo guia sobre a PAP e dos métodos de avaliação relacionados, assim como os indicadores de categoria de impacto utilizados para cada uma das categorias, esta lista está de acordo com os documentos do Manual *ILCD* (CE, 2013b).

Tabela 1 – Lista das categorias de impacto ambiental da PAP (CE, 2013b).

Categoria de impacto da PA	Método de avaliação do impacto da PA	Indicadores de categoria de impacto da PA	Fonte
Alterações climáticas	Modelo de Berna-PAG num horizonte de 100 anos.	kg de equivalente CO ₂	Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas, 2007
Destruição da camada de ozono	Modelo EDIP baseado nos PDO da Organização Meteorológica Mundial (OMM) num horizonte temporal infinito.	kg de equivalente CFC-11 (*)	OMM, 1999
Ecotoxicidade para a água doce	Modelo USEtox	CTU _e (unidade tóxica comparativa para os ecossistemas)	Roseubaum <i>et al.</i> , 2008
Toxicidade humana – efeitos cancerígenos	Modelo USEtox	CTU _h (unidade tóxica comparativa para o ser humano)	Roseubaum <i>et al.</i> , 2008
Toxicidade humana – efeitos não cancerígenos	Modelo USEtox	CTU _h	Roseubaum <i>et al.</i> , 2008
Partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas	Modelo RiskPoll	kg de equivalente PM _{2,5} (**)	Humbert, 2009
Radiações ionizantes – efeitos na saúde humana	Modelo do efeito na saúde humana	kg de equivalente U ²³⁵ (na atmosfera)	Dreicer <i>et al.</i> , 1995

Tabela 1 – Lista das categorias de impacto ambiental da PAP (continuação).

Categoria de impacto da PA	Método de avaliação do impacto da PA	Indicadores de categoria de impacto da PA	Fonte
Formação fotoquímica de ozono	Modelo <i>Long Term Ozone Simulation - European Ozone Simulation</i> (LOTOS – EUROS)	kg de equivalente COVNM (***)	Van Zelm <i>et al.</i> , 2008 conforme em ReCiPe
Acidificação	Modelo de excelência acumulada	Mol de equivalente H ⁺	Seppälä <i>et al.</i> , 2008 Posch <i>et al.</i> , 2008
Eutrofização - terrestre	Modelo de excelência acumulada	Mol de equivalente N	Seppälä <i>et al.</i> , 2008 Posch <i>et al.</i> , 2008
Eutrofização –aquática	Modelo EUTREND	Água doce: kg de equivalente P água do mar: kg de equivalente N	Struijs <i>et al.</i> , 2009, conforme aplicado em ReCiPe
Esgotamento dos recursos – água	Modelo Swiss Ecoscarcy	m ³ de consumo de água em relação à escassez local de água	Frischknecht <i>et al.</i> , 2008
Esgotamento dos recursos – minerais, fósseis	Modelo CML 2002	kg de equivalente antimónio (Sb)	Van Oers <i>et al.</i> , 2002
Transformação do solo	Modelo Soil Organic Matter (SOM)	kg (deficit)	Milà i Canals <i>et al.</i> , 2007

(*) CFC-11 - Clorofluorocarboneto designado Triclorofluorometano, também denominado freon-11 ou R-11;
(**) PM_{2,5} - Partículas em suspensão com um diâmetro igual ou inferior a 2,5 µm;
(***) COVNM - Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos.

A tabela 1 reúne os métodos recomendados no documento de orientação de AICV do Manual *ILCD – Recomendações para a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida* no contexto Europeu, onde se apresentam os resultados da análise efetuada a uma gama de métodos AICV existentes para ponto médio e ponto final complementada por uma seleção de modelos ambientais integrados em diversas metodologias AICV que se mostraram relevantes na integração da metodologia *ILCD*. Essa análise é apresentada para todas as categorias de impacto ambiental referidas na tabela 1 em concordância com os requisitos de avaliação estabelecidos no documento e orientação Manual *ILCD - Quadro e requisitos para modelos e indicadores AICV* (EC, 2011b).

2.7. Descrição das bibliotecas utilizadas

2.7.1. Ecoinvent

Na maioria dos fluxos unitários ou complexos, para os quais apenas existia disponibilidade de dados primários para os principais entradas/saídas, foi possível obter as informações e dados necessários recorrendo à base de dados Ecoinvent. Esta base de dados compreende dados ICV desde energia, transporte, materiais, produtos químicos, metais, papel, tratamento de resíduos, entre outros (Althaus, *et al.*, 2007).

Esta biblioteca baseia-se no progresso da metodologia ACV e da compilação de dados ICV em inúmeros setores industriais com o intuito de estabelecer uma base de dados com informações cientificamente corretas para uma avaliação do ciclo de vida transparente. Cada conjunto de dados descreve um inventário de ciclo de vida num determinado nível de processo unitário. A unidade de análise de todos os processos unitários é composta por um produto ou serviço, em que o produto pode ser tão grande quanto uma central de produção elétrica (Swiss Centre for Life Cycle Inventories (SCLCI), 2015a).

A base de dados Ecoinvent compreende dados que abrangem todas as atividades económicas. Tal como foi referido anteriormente esta base de dados prime pela disponibilização de dados ICV cada vez mais consistentes e coerentes com a realidade, facilitando os estudos de avaliação do ciclo de vida.

2.7.2. Ecoinvent 3.0

A introdução de uma versão mais recente - *Ecoinvent 3.0* – fundamenta-se na melhoria da qualidade dos dados, concedendo maior credibilidade aos estudos efetuados e validação dos resultados das avaliações realizadas, tendo em conta que inúmeros estudos ACV assentam na utilização de bases de dados ICV devido aos problemas associados à qualidade dos dados de primeiro plano (SCLCI, 2015b).

A versão mais atual pauta-se pelo aumento da credibilidade da base de dados em relação aos seus utilizadores e à constante melhoria da qualidade dos dados, tendo por base a melhoria contínua e aumento de flexibilidade. Nesta versão foi executada a revisão da estrutura subjacente, de forma a promover a continuação da sua utilização sem dificuldades, com este objetivo foram implementadas alterações rigorosas para incluir novos processos, modelos de sistemas alternativos e atualizações das bases de

dados de forma simplificada (Weidema *et al.*, 2013).

As alterações visam proporcionar assim uma melhor acessibilidade, maior detalhe dos processos e descentralização em termos geográficos proporcionando o acompanhamento de uma maior disponibilização de dados, isto é, disponibilização de um banco de dados mundial (Weidema *et al.*, 2013).

As alterações de uma forma mais detalhada consistem: no aumento de sistemas modelo, novos conjuntos de dados, novos fluxos, principalmente, relacionados com a água, novas propriedades, novas cadeias de abastecimento globais, entre outros, associando estas alterações ao aumento de minuciosidade e consistência da base de dados (SCLCI, 2015c).

2.7.3. European Reference Life Cycle Database (ELCD)

A *ELCD* compreende dados de inventário de ciclo de vida de associações de negócios ao nível da União Europeia e recursos no domínio dos materiais, energia, transporte e gestão de energia, sendo os conjuntos de dados utilizados providos pela associação industrial referida. Assim, como na base de dados *Ecoinvent*, a's *Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability (JRC IES)* prima pela flexibilização de uma base de dados com consistência e transparência, focando-se na aplicabilidade dos dados seguindo os requisitos do *ILCD*, por forma a garantir a qualidade dos mesmos (EC, 2015a).

O fundamento nos requisitos *ILCD* permite reforçar a qualidade dos conjuntos de dados disponibilizados garantindo a coerência metodológica e a atualização contínua da documentação. Todos os dados relativos a processos têm sido objeto de revisão para existir uma harmonização com os requisitos das normas ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 (EC, 2015b).

Esta base de dados é já considerada como fonte preferencial nos guias da Pegada Ambiental, base do presente estudo, e nos relatórios técnicos dos Indicadores de Ciclo de Vida, contudo é necessário aumentar a disponibilidade de processos através do aumento da sua base de dados com mais e melhor informação e, através de um maior envolvimento de parceiros que possam contribuir para a reforçar a sua aplicabilidade, adaptabilidade e confiabilidade (PRé Consultants B.V., 2015h).

2.7.4. Eco-profiles

Outra das bases de dados utilizada integra o *Eco-profiles Programme* e designa-se por *Eco-profiles*, esta é uma base de dados de ICV e DAP para os plásticos principalmente, mas abrangendo também outros produtos químicos/outras indústrias. A Plastics Europe constitui a associação de diversos produtores de plásticos, esta foi a primeira organização da indústria a reunir e publicar dados ambientais detalhados sobre os processos desenvolvidos pelas organizações que fazem parte deste grupo. O primeiro relatório *Eco-profile* foi publicado em 1993, a partir desse momento diversos estudos e relatórios foram realizados e publicados com o propósito de suportar a DAP, englobando como objetos de estudo inúmeros polímeros e processos de conversão de plásticos comuns, sendo atualmente aceite por profissionais de desenvolvimento de ACV e outras partes interessadas, alguns desses polímeros e processos foram já anexados na base de dados de ciclo de vida de referência europeia - *ELCD*, esta base de dados é apresentada posteriormente de uma forma mais completa (PlasticsEurope, 2015).

A metodologia *Eco-profiles* baseia-se na preocupação de sustentar os seus próprios padrões e as necessidades das partes interessadas passando pela procura das melhores práticas globais de harmonização de informações e de resultados comparáveis alinhando-se com outros padrões de materiais, processos e sectores, com o principal objetivo de disponibilizar dados científicos e estudos de ACV no domínio público, promovendo desta forma melhorias ambientais através de benchmarking e da utilização de dados médios diretamente das indústrias para a representação mais robusta dos sistemas de produção de polímeros (PlasticsEurope, 2011).

2.7.5. Eindgenössische Technische Hochschule - EnergieStoffe-Umwelt (ESU-ETH)

Por último, recorreu-se à base de dados do sistema modelo *ESU – ETH* 1996, uma base de dados um pouco mais antiga criada pelo grupo associado à tecnologia de energia, materiais e ambiente – *EnergieStoffe-Umwelt* - *ESU* e pelo Instituto Federal de Tecnologia da Suíça *Eindgenössische Technische Hochschule – ETH*. O modelo de Materiais Básicos, *ETH System model Basic Materials*, descreve de forma sucinta a produção de diferentes materiais que são utilizados nos ciclos de vida de energia na Europa Ocidental (PRé Consultants B.V., 2015f).

Os materiais considerados nesta biblioteca abrangem os seguintes itens: produtos de

origem mineral, produtos químicos inorgânicos, produtos químicos orgânicos, metais, plásticos, borrachas e intermediários, gases, materiais, materiais e processos diversos, como por exemplo, explosivos, verniz, galvanização, pulverização catódica, etc. As tabelas dos inventários desta biblioteca incluem a extração dos recursos, a refinação e produção de produtos intermediários a granel (PRé Consultants B.V., 2015f).

Os dados específicos referentes a apenas alguns processos são gravados de forma individual e todos os que não fazem parte dessa lista mais restrita compreendem um maior número de passos e são incluídos num único processo unitário. O fim de vida dos resíduos é anexado no próprio processo onde os materiais são utilizados (PRé Consultants B.V., 2015f).

É considerado como modelo genérico o tratamento de resíduos, sendo este um dos subsistemas do sistema modelo *ESU-ETH*, designado sistema modelo de Gestão de Resíduos, neste todos os processos específicos concernentes ao tratamento de resíduos estão agregados.

O inventário destes processos agrega-se com outros fluxos complexos e unitários, dados estes utilizados no sistema modelo de Gestão de Resíduos criado para ser usado nos estudos em sistemas de energia do sistema *ESU-ETH 96*, logo não deve ser utilizado em outro tipo de projetos. Este descreve as emissões que ocorrem durante o tratamento de resíduos, é modelado como uma emissão sólida, o que significa que o tratamento de resíduos pode ser incompatível com alguns métodos de avaliação de impacto que avaliam os resíduos (como o *Eco-point 97* e *Eco-indicator 95*). Este apresenta pequenas diferenças com processos de sistemas comparáveis, o que pode ocorrer devido às emissões de pequenas quantidades e a diferenças de arredondamentos. As emissões para o ar e para a água são incluídas (PRé Consultants B.V., 2015f).

2.8. Procedimentos de validação de dados

2.8.1. Cut-off ou critério de corte

O *cut-off* ou critério de corte segundo a norma ISO 14040:2006 é a especificação da quantidade de material, energia ou do nível de importância associado a um processo unitário ou sistema de produto a ser excluído do estudo, isto é, tem como principal propósito melhorar a tomada de decisão a respeito das entradas a incluir na avaliação do sistema em estudo.

De acordo com a norma ISO 14044:2006 diversos critérios de corte podem ser

estabelecidos possibilitando a identificação inicial com base na contribuição de massa, energia ou a importância ambiental de impacto.

O critério de exclusão que se baseia na massa é considerado pela norma uma decisão apropriada, sendo necessário incluir nos estudos todas as entradas que cumulativamente podem contribuir mais, do que uma determinada percentagem definida para a entrada de massa do produto no sistema a ser modelado.

Assim como o critério associado à massa, também o critério que se baseia na energia é considerado apropriado, exigindo que todas as entradas contribuam, de uma forma cumulativa, mais do que uma percentagem dos fluxos energéticos do sistema produto.

O nível de importância ambiental do sistema é o último critério designado e fundamentado pela norma e, tal como os restantes apoia-se na inclusão de todas as entradas que contribuem mais significativamente, do que uma determinada quantidade adicional de dados estimados individualmente do sistema produto. O mesmo critério pode ser aplicado às saídas do sistema, como é o caso específico do tratamento de resíduos.

Quando as aplicações previstas para o estudo implicam o suporte de afirmações comparativas destinadas a serem divulgadas ao público, torna-se fundamental que exista comparabilidade de dados, neste caso, específicos são efetuadas análises de sensibilidade incluindo os critérios de massa, energia e nível de importância ambiental para que todas as entradas que contribuem em maior quantidade para o total do sistema sejam compreendidas no estudo.

Em alguns casos os critérios de corte poderão mascarar lacunas de dados, é importante salientar relativamente à sua utilização que “estes não devem ser aplicados para ocultar dados, mas sim para tornar o processo de cálculo eficiente” (Almeida, Arroja, & Dias, 2013).

Outra perspetiva relativamente à utilização do critério de corte é no sentido em que este pode acabar por corroborar com alguma situação real em que os dados sejam incompletos ou inconsistentes, mas que dada a sua contribuição para o resultado da avaliação não permitem apoiar questões relacionadas com dissimulação, tal como sucede no estudo desenvolvido por Souza *et al.* (2015) em que existem perdas de 1% que não são incluídas apoiando-se nos critérios de corte definidos no estudo.

Horng Jou Ceramics Co. (2011) publicou um documento onde se definem RCP para a preparação de DAP para a indústria cerâmica. Neste sugere-se a utilização do critério de

corte com base na contribuição do nível de importância ambiental das entradas no sistema, assim se o somatório de vários impactos num processo ou atividade for inferior a 1% de impacto para qualquer uma das categorias de impacto ambiental, então este pode ser excluído, contudo é necessário verificar o impacto acumulado do fluxo excluído de forma a que este não exceda os 5%.

O SimaPro calcula automaticamente o critério de corte eliminando os processos que pouco contribuem para o resultado da avaliação do estudo.

Os processos que contribuem menos do que uma determinada percentagem considerada no estudo quando aplicado o critério de corte deixam de ser exibidos no *software*, por sua vez quando o valor do *cut-off* é definido como zero, todos os processos são expostos desde a análise de árvore de processo aos valores devolvidos no cálculo de caracterização em função de cada categoria de impacto ambiental.

Esta ferramenta permite, deste modo, selecionar a melhor opção de visualização no que se refere à representação e compreensão da árvore de processo compreendendo o critério de corte. Tendo em conta que em muitos dos estudos ACV se inclui uma ampla variedade de processos, a árvore de processos, muitas vezes, contém, uma diversidade de contribuições praticamente insignificantes, pelo que o critério de corte se apresenta também como um apoio à sua melhor interpretação (PRé Consultants B.V., 2013).

Este critério no *software* SimaPro permite ainda a diminuição das listas relativas à quantificação de contribuições pouco significativas, principalmente quando a visualização é efetuada “por substância” e, ainda a agilização do processo de análise e interpretação dos cálculos mediante o uso desta ferramenta.

Segundo Almeida, Dias, Demertzi, & Arroja (2015) no artigo “Contribuição para o desenvolvimento de RCP para tijolo cerâmico”, deve ser dirigida uma análise de sensibilidade sobre as opções de critério de corte. Nesse sentido e testando diversas opções concluiu-se que o corte de 0,5% em massa mostrou ser uma opção bastante adequada e com uma significativa redução do esforço necessário à recolha de dados.

Num outro artigo referente ao desenvolvimento de DAP de materiais cerâmicos Almeida, Dias, Castanheira, & Arroja (2011) referem a determinação do critério de corte para decidir quais as entradas a excluir dos limites propostos no estudo desenvolvido no artigo, sem mencionar o tipo de critério de corte escolhido ou o limiar.

Na consulta de “*Life cycle assessment (cradle to gate) of a Portuguese brick*” verificou-se

a especificação de um critério de corte de 0,5% em termos de contribuição mássica, excluindo assim todas as entradas abaixo deste limiar imposto pelo critério escolhido e, mais tarde apurou-se a definição de um outro critério de corte, com o limiar de 0,5% igualmente, contudo referindo-se ao nível de impacto ambiental, ou seja, à importância ambiental. Neste estudo, pode-se assim averiguar a presença da definição de dois critérios de corte para dois dos tipos de contribuições possíveis (Almeida, Dias, Arroja, & Dias, 2010).

Apesar da pesquisa efetuada em diversos artigos científicos, a maioria não permite a comparação com o presente estudo, pois a maioria dos estudos analisados relacionam-se com a indústria cerâmica, mas debruçam-se, principalmente, sobre a produção de tijolo e de azulejo, deixando de lado a telha cerâmica.

2.8.2. Balanço material

O balanço material e/ou energético é simples como a lei da conservação da massa, esta lei define uma das restrições de qualquer sistema na natureza, baseia-se nas oscilações mássicas e/ou energéticas que podem ocorrer num sistema, permitindo mediante determinadas condições aferir a quantidade de matéria. A massa assim como a energia é uma propriedade conservativa, pelo que não pode ser criada nem destruída, apenas transformada durante um determinado processo. Um sistema é classificado em função da forma como é efetuada a transferência de massa através das suas fronteiras e, durante um determinado intervalo de tempo. Estes podem classificar-se em: aberto, fechado ou isolado, sendo que na natureza não existem sistemas isolados (Çengel & Boles, 2010).

Um balanço de massa para qualquer processo pode ser representado por: o que entra nas fronteiras do sistema, o que é gerado no interior do sistema, o que é consumido no interior do sistema, o que é acumulado no interior do sistema e o que sai das fronteiras do sistema.

Esta é uma das formas de calcular eventualmente algum dos parâmetros caso seja desconhecido ou, caso seja necessário, alterar algum deles com base nas propriedades dos restantes parâmetros no sistema. Neste caso, especificamente, foi necessário recorrer à realização de um balanço material proporcionando a verificação da consistência dos dados referentes a alguns processos de primeiro plano. Este recurso permite comprovar a coerência dos dados com o sistema em estudo, possibilitando estimar as perdas no sistema e atestar a fiabilidade dos dados, proporcionando assim alertar as organizações para as possíveis causas adjacentes às perdas do sistema e

recomendação de possíveis medidas de melhoria.

Uma das principais causas de uma elevada percentagem de perdas no sistema tratando-se de uma indústria produtora de materiais cerâmicos, os quais são concebidos, maioritariamente, a partir de matérias-primas argilosas assenta nas perdas ao rubro. Estas perdas comportam uma carga necessária aos sistemas onde a argila se classifica como uma das entradas principais, indispensável na indústria cerâmica pela imprescindibilidade desta matéria-prima, este conceito assenta, principalmente, nas perdas de água decorrentes da exposição da argila ou qualquer matéria-prima com elevada humidade a temperaturas elevadas.

Sucintamente, a perda ao rubro é um parâmetro integrante de diversas análises químicas do solo, este valor é, muitas vezes, interpretado na globalidade, como a matéria orgânica contida na argila, ainda assim existem também outros parâmetros que influenciam estas perdas, como é o caso da presença de água. A água está, por vezes ligada aos constituintes do solo de forma física ou química. Esta é retirada quando sujeita a diferentes temperaturas, constituindo a humidade higroscópica uma pequena parte desta porção, sendo esta removível a cerca de 110°C (Netto, 1941).

No estudo “Metodologia para a determinação das vantagens de argamassas sob efeito pozolânico de metacaulinos” afirma-se que a perda ao rubro reflete a quantidade relativa de minerais argilosos que se opõe aos valores percentuais de quartzo. Ou seja, quando submetida a temperaturas de 1000°C como é o caso dos fornos em túnel nos quais a telha cerâmica é sujeita ao processo de cozedura, é plausível obter-se perdas de massa de cerca de 5 a 7% de acordo com Lourenço, Ferraz, & Coroado (2005).

Na Universidade de Aveiro (2011) efetuaram uma série de análises mecânicas, físicas e químicas a várias amostras silto-argilosas, em que se constatou que o aumento de temperatura na maioria das amostras provoca a diminuição da porosidade e a diminuição da absorção de água, apresentando uma percentagem média de cerca de 7,38% de perda ao rubro.

Segundo Lourenço, Ferraz, & Coroado (2005) a perda ao rubro para uma amostra considerada de argila vermelha é de 7,69%. pPde constatar-se também que a porosidade diminui quando a argila é submetida a altas temperaturas expulsando a água dos interstícios do material, contribuindo para a diminuição da massa total da amostra em função da temperatura a que esta é exposta.

Outras matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica podem apresentar perdas ao rubro, por exemplo, o feldspato ou o carbonato de bário.

De acordo com Tavares, Castañeda, & Soares (2005) o feldspato potássico apresenta perdas ao rubro inferiores a 0,7%, afirmando ainda que valores inferiores a 0,98% não influenciam a sua estrutura macroscópica e que, pelo menos, até 0,7% não compromete a qualidade dos produtos cerâmicos.

Segundo Chatterjee, Chitwadgi, Kulkarni, & Kaviraj (2001), as perdas ao rubro para o feldspato sódico são cerca de 0,35% e para o feldspato potássico de aproximadamente 0,5% para temperaturas na ordem dos 1000 °C.

Não é possível obter as perdas de humidade associadas à submissão de carbonato de bário líquido a cozedura, ainda que a sua concentração ronde o 65-75%, não existem dados específicos quanto aos pontos de ebulição e fusão na ficha de dados desta matéria-prima.

2.9. Aplicação de ACV à indústria cerâmica

A telha cerâmica é um produto de colocação descontínua em telhados inclinados e para revestimento de paredes. O seu processo de fabrico inclui as operações de moldagem (extrusão e/ou prensagem), secagem e cozedura da argila preparada com ou sem aditivos (British Standards Institution (BSI), 2013), por outras palavras, a telha é, sucintamente, um elemento utilizado em coberturas produzido a partir de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas. A sua superfície pode ser envolvida em parte ou na sua totalidade por esmalte ou vidro (processo de vidragem).

Esta deve obedecer a diversas especificações técnicas, entre as quais estão as suas características, marcação, entre outras, de forma a garantir o seu desempenho ambiental de acordo com o exigido pelas normas.

As boas práticas na construção de coberturas e a otimização do desempenho energético-ambiental dos edifícios leva a que seja necessário recorrer a soluções construtivas tecnologicamente cada vez mais avançadas.

Os desafios da construção sustentável, da arquitectura bioclimática e do cumprimento dos requisitos ambientais impostos pela regulamentação atual contribuem assim para o crescimento das necessidades de cálculo do desempenho ambiental dos produtos,

podendo considerar a avaliação do ciclo de vida ser considerada a ferramenta mais comum para efetuar este tipo de avaliação.

Bovea, Díaz-Albo, Gallardo, Colomer, & Serrano (2010) analisaram o comportamento ambiental de revestimentos cerâmicos desde a extração de matérias-primas até à sua distribuição (análise *'cradle-to-gate'*) e com base em 6 das categorias de impacto propostas pelo método CML-IA (aquecimento global, acidificação, destruição da camada de ozono, eutrofização, esgotamento dos recursos naturais e oxidação fotoquímica) e um indicador adicional para o ruído concluíram que o consumo de gás natural é a entrada com maior contribuição para todas as categorias de impacto consideradas, exceto na destruição da camada de ozono em que o consumo de eletricidade é a principal causa.

No que se refere aos processos compreendidos no estudo de Bovea, Díaz-Albo, Gallardo, Colomer, & Serrano (2010), a cozedura é o processo crítico para a maioria das categorias de impacto, exceto em relação ao indicador de ruído que apresenta maior relevância no processo de prensagem. Algumas das melhorias sugeridas neste estudo referem-se à introdução de um permutador de calor gás-ar para recirculação dos gases de exaustão dos fornos para a pré-secagem, à aplicação de um filtro de mangas com absorção de forma a reduzir significativamente as emissões de ácido fluorídrico (HF) e à utilização de painéis de insonorização modulares de modo a reduzir os níveis de ruído.

Outro estudo realizado no âmbito dos revestimentos cerâmicos por Ibáñez-Forés, Bovea, & Simó (2011) salienta que a contribuição da exploração de argila se torna mais significativa devido ao consumo de combustível necessário para movimentar as massas minerais pretendidas para a sua utilização como matéria-prima no processo. Tendo em conta que a secagem e a vidragem são processos críticos, estes recomendam explicitamente a implementação das Melhores Técnicas Disponíveis (MTDs) com o objetivo de melhorar a sustentabilidade de todo o ciclo de vida dos revestimentos cerâmicos.

O termo “Melhores Técnicas Disponíveis” é definido na Diretiva 2010/75/CE Art. 3º - 10 como, “a fase de desenvolvimento mais eficaz e avançada das atividades e dos modos de exploração, que demonstre a aptidão prática de técnicas específicas para constituírem a base dos valores-limite de emissão e de outras condições do licenciamento com vista a evitar e, quando tal não seja possível, a reduzir as emissões e o impacto no ambiente no seu todo. Compreende-se, ainda, por:

- “Técnicas, tanto a tecnologia utilizada como o modo como a instalação é projetada,

construída, conservada, explorada e desativada;

- “Disponíveis, as técnicas desenvolvidas a uma escala que possibilite a sua aplicação no contexto do sector industrial em causa, em condições económica e tecnicamente viáveis, tendo em conta os custos e os benefícios, quer sejam ou não utilizadas ou produzidas no território do Estado-membro em questão, desde que sejam acessíveis ao operador em condições razoáveis;

- “Melhores, técnicas mais eficazes para alcançar um nível geral elevado de proteção do ambiente no seu todo” (Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, 2010).

Ibáñez-Forés, Bovea, & Azapagic (2013) realizaram um estudo no qual desenvolveram uma metodologia para identificação das MTDs mais sustentáveis e adequadas ao sector da indústria cerâmica, tal como em, Bovea, Díaz-Albo, Gallardo, Colomer, & Serrano (2010) e Ibáñez-Forés, Bovea, & Simó (2011) referidos anteriormente, constataram que os processos críticos para a maioria dos impactos considerados, são a cozedura, secagem e a vidragem, tendo por base os mesmos motivos, particularmente, a elevada procura de energia, para além destes processos destacam o impacto que a preparação da pasta e a prensagem têm relativamente à categoria de toxicidade humana, o que se deve, principalmente, às emissões de partículas durante estes processos.

O ruído tal como foi mencionado anteriormente, é um indicador adicional relevante principalmente no processo de prensagem, sendo analisado do ponto de vista do ruído laboral, ou seja, como risco psicossocial e não como ruído ambiental (Bovea, Díaz-Albo, Gallardo, Colomer, & Serrano, 2010).

A partir dos impactos mais significativos Ibáñez-Forés, Bovea, & Azapagic (2013) analisaram vários cenários em função das possíveis opções em relação às MTDs da indústria cerâmica e verificaram que as soluções mais sustentáveis incluem a recuperação de calor do gás de combustão e o seu tratamento com CaCO_3 e/ou Ca(OH)_2 , supondo que todos os indicadores são de igual importância estimaram que a redução de custos pode aproximar-se dos 30% e a redução de impactos ambientais até 97%, em categorias como, a oxidação fotoquímica ou formação fotoquímica de ozono, a acidificação e a toxicidade humana.

Apesar dos estudos desenvolvidos com base na mitigação dos impactos ambientais referentes aos combustíveis utilizados na fase de cozedura, o recurso ao gás natural como combustível é considerado como uma MTD.

Almeida, Dias, Demertzi, & Arroja (2015) testaram diferentes cenários para a cozedura com a utilização de biomassa, gás natural e coque de petróleo, concluindo que a utilização de biomassa conduz à redução dos potenciais impactos nas categorias de aquecimento global e esgotamento de recursos – minerais e fósseis, contudo também contribuirá para o aumento de outras categorias, principalmente para as partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas.

A Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica (APICER) desenvolveu estudos no sentido de testar uma ferramenta que permite analisar os efeitos cruzados da aplicação de MTDs relativamente à utilização de biomassa. É relevante salientar da análise efetuada as seguintes constatações: a redução de custos energéticos de produção, o que contribuiria para a melhoria do desempenho ambiental associado à produção dos materiais, contudo também conduz ao aumento das emissões de partículas, em comparação, com o gás natural e, ainda tem entre as suas principais desvantagens a limitação da biomassa, isto é, a escassez de biomassa no mercado, sendo que a quantidade disponível pode flutuar bastante devido ao aumento da procura e à oferta de biomassa (Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV), 2015).

Neste contexto, é importante mencionar a referência em termos bibliográficos dos documentos de referência MTD, estes são documentos de referência das práticas mais eficazes em termos ambientais MTDs. Este conjunto de documentos designa-se por "Best Available Technologies (BAT) REFERENCE documents" (BREF) e destinam-se a apoiar vários sectores de atividade abrangidos pela Directiva 2010/75/UE relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição) (Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, 2010).

Relativamente ao caso de estudo a directriz de referência designa-se por «Fabrico de produtos cerâmicos» e faz parte de um conjunto de outras directrizes estabelecidas pela CE, nestas são apresentados os resultados de uma troca de informações entre os Estados-Membros e as indústrias interessadas nas MTDs, incluindo medidas de monitorização associadas e a sua evolução (Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia, 2010).

Nesse âmbito, o documento abrange as atividades industriais especificadas na secção 3.5 do Anexo I da Diretiva 2010/75/EU relativamente ao "Fabrico de produtos cerâmicos por aquecimento, nomeadamente telhas, tijolos, refratários, ladrilhos, produtos de grés ou porcelanas com uma capacidade de produção superior a 75 t diárias; e ou, com uma capacidade de forno superior a 4 m³ e uma densidade de carga enfiada por forno

superior a 300 kg/m³”, para além das principais atividades de fabrico, as atividades associadas que possam ter consequências ambientais diretas, considerando as atividades desde o processamento ao envio dos produto acabado.

Neste documento compreendem-se os seguintes produtos cerâmicos: azulejos e ladrilhos, tijolos e telhas, loiças de mesa e ornamentais (cerâmica doméstica), produtos refratários, loiças sanitárias, cerâmica técnicas, condutas de argila vitrificada, agregados de argila expandidos e abrasivos com ligante inorgânico (EC, 2007).

Este documento expõe aproximadamente 50 técnicas de prevenção e controlo da poluição, incluídas em 7 questões ambientais, entre elas estão: a redução dos consumos de energia (eficiência energética), as emissões de poeiras (partículas), os compostos gasosos, as águas residuais de processo (efluentes líquidos), as perdas de processo/resíduos, as considerações gerais em relação ao ruído e os instrumentos/sistemas de gestão ambiental (SGA) (EC, 2007).

O Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV) em parceria com a APICER desenvolveu um projeto designado “Apoio na definição de declarações ambientais de produtos cerâmicos e economia de carbono com vista a uma estratégia de construção sustentável” no âmbito do qual publicou um relatório, onde define a metodologia para desenvolver DAP cerâmicos, para as várias tipologias de produtos cerâmicos estudadas, nomeadamente, tijolos, telhas e acessórios, pavimento e revestimento e sanitário.

No Anexo II do relatório publicado acerca do projeto referido anteriormente podem ser encontradas as *Product Category Rules* (PCR), ou seja, as Regras de Categoria de Produto (RCP). Este documento define critérios e linhas de orientação para identificar características funcionais e de desempenho do produto, esclarece os critérios para o estudo ACV dos respetivos produtos e descreve as informações que devem ser comunicadas, neste âmbito este documento é um dos pilares do caso de estudo do presente relatório e um dos documentos mais importantes na elaboração de um estudo sobre a PAP, sendo este utilizado como RCPAP de referência (CTCV, 2009).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

3. Caraterização do caso de estudo

3.1. Caraterização da organização

O caso de estudo deste projeto é a organização com a designação social de Umbelino Monteiro, S.A. - Coberturas para a Vida (UM), esta é uma das principais unidades de produção de telha cerâmica em Portugal, sendo o seu código de atividade económica (CAE-Rev.3) 23322 – Fabricação de Telhas (Decreto-Lei n.º 381, 2007). Em 1997 a revolução tecnológica culminou com a alteração da sua natureza jurídica para a forma de sociedade anónima, estando registada com o número de contribuinte 500 443 025, a organização situa-se na Rua do Areeiro 3105-218 na freguesia de Meirinhas, no concelho de Pombal, distrito de Leiria (Associação Empresarial de Portugal (AEP), 2011).

A organização fabrica uma ampla diversidade de tipologias, tonalidades e acabamentos de produtos cerâmicas. Os principais modelos de telhas cerâmicas produzidos são: Advance Lusa, Advance Marseille, UM Canudo e UM Lusa, para além de todos os acessórios e complementos necessários à funcionalidade da cobertura, comercializa ainda telhas solares Solesia, uma solução inovadora de telhas solares fotovoltaica e, placas de fibrocimento UM.

O presente caso de estudo aplica-se exclusivamente à telha com ao modelo Advance Lusa, esta é produzida nos padrões natural: vermelho, sintra e branco; mediterrânico: vermelho envelhecido, Coimbra, Açores e Vilamoura e, ainda; no padrão vidrado: vermelho, castanho, preto, verde musgo, azul, azul celeste e branco.

A telha cerâmica mais requisitada refere-se ao modelo Advance Lusa com acabamento/tonalidade vermelho natural, correspondendo este ao modelo e padrão selecionado como caso de estudo (Umbelino Monteiro, 2013a).

A qualidade das telhas são evidenciadas pelo cumprimento das normas EN 1304 Clay roofing tiles and fittings - Product definitions and specifications (Telhas de argila e acessórios – Definições do produto e especificações) e American Society for Testing and Materials (ASTM) C1167 - 11 Standard Specification for Clay Roof Tiles (Especificações padrão para Telhas de argila pela Sociedade Americana para Testes e Materiais).

Recentemente a telha Advance Lusa foi premiada na categoria de coberturas dos Prémios Inovação na Construção 2015 (Umbelino Monteiro, 2013c).

A UM considera que produz um bem intemporal e um importante elemento arquitetónico, desta forma orienta as suas estratégias segundo três vetores: inovação, ambiente e qualidade, procurando satisfazer as mais diversas necessidades arquitetónicas requeridas pelos clientes (Umbelino Monteiro, 2013b).

A empresa foi criada em 1959 por Joaquim da Silva Monteiro, onde apenas era produzida telha Lusa. Em 1975 foi herdada pelo filho Joaquim Umbelino da Silva Monteiro sendo este um dos principais marcos históricos da empresa (Umbelino Monteiro, 2013c).

Em 2007 a UM foi integrada na multinacional *ETEX GROUP*, sendo este um grupo industrial belga especializado no fabrico e comercialização de sistemas e materiais de construção de alta qualidade que tem como objetivo unir produtores de materiais de construção líderes no seu mercado (Etex Group, 2014). A UM constitui desta forma a única representação do *ETEX GROUP* a nível nacional (Umbelino Monteiro, 2013c).

A investigação e inovação estão, presentemente, no foco das principais preocupações da organização, querendo assim elevar a qualidade dos produtos produzidos através da inovação e do controlo da qualidade por meio de uma sinergia de valores obtidos através da experiência obtida ao longo dos anos.

Atualmente reconhecida pela reabilitação do património edificado, incorporando as preocupações contemporaneas relativas à qualidade dos produtos com as preocupações futuras de sustentabilidade, de prevenção da poluição e de adoção de práticas de gestão eco-eficiente.

O crescimento da unidade de produção levou ao incremento de responsabilidades relacionadas com o desenvolvimento sustentável empenhando-se dia após dia no aumento da construção sustentável, desenvolvendo coberturas que permitem um maior desempenho energético dos edifícios nos quais são aplicadas, promovendo conjuntamente a sustentabilidade dos edifícios, sendo a parceria deste projeto fruto desta preocupação, apresentando-se este projeto como uma nova forma de procurar novas formas de analisar, aferir e reduzir os impactos ambientais das atividades desenvolvidas na unidade de produção.

A unidade de produção certificou o sistema de gestão da qualidade de acordo com a NP EN ISO 9001:2008 e o sistema de gestão ambiental em conformidade com a NP EN ISO 14001:2012, em 2011, tendo sido reconhecida no mesmo ano com a atribuição do prémio de boas práticas ambientais e energéticas atribuído pela Associação Empresarial de Portugal (AEP) publicado em AEP (2011). Em 2013, a unidade de produção UM recebeu o selo “*Ceramic Portugal Does it Better*” introduzido no projeto “Cerâmica Portugal – Cooperar e promover” promovido pela APICER que visa valorizar a produção de cerâmica em Portugal, reforçando a notabilidade e reconhecendo os esforços envidados ao longo dos últimos anos (Umbelino Monteiro, 2013c).

No final de 2013, ano de referência do presente estudo, a empresa empregava 113 trabalhadores e dispunha de três linhas independentes para a produção de telha, com as seguintes designações:

- Linha 1 – produção de telha UM Canudo e UM Lusa;
- Linha 2 – produção de telha Advance Lusa e Advance Marseille;
- Linha 3 – produção dos acessórios/complementos das telhas UM e Advance.

Tendo uma capacidade de enforna instalada na linha 1 de 166,35 kg/m³ e na linha 2 de 101,59 kg/m³ (Umbelino Monteiro, 2013d).

No ano de referência, a organização apresentou uma produtividade anual de 82131 t. Como foi mencionado anteriormente este projeto dedica-se apenas ao estudo da telha Advance Lusa vermelho natural, logo é importante referir que a produção de telha Advance Lusa foi de 21015 t no total e na tonalidade Vermelho Natural foram produzidas 17937 t.

3.2. Descrição do processo

A telha cerâmica atravessa por inúmeros processos até se materializar e atingir o seu propósito, nomeadamente, a aplicação em coberturas, antes da fabricação de telha propriamente dita é necessário extrair e processar as matérias primas necessárias à sua produção. A extração de materiais inclui, na sua generalidade, a extração de matérias-primas argilosas e areias, bem como a geração de energia necessária e o transporte de matérias-primas.

A extração de argilas compreende a extração de argilas comuns, argilas refratárias, caulino e argilas cauliníferas, tendo em conta que a sua composição mineral influenciará diretamente a qualidade dos produtos cerâmicos relativamente às diferentes soluções construtivas a escolha do local de exploração mostra-se como um fator preponderante, na medida em que o tipo de material de origem e o grau de meteorização determinam as tipologias de argila presentes no solo.

A escolha de uma argila com características favoráveis à produção de cerâmica estrutural é decisiva, pois esta condiciona a eficiência do processo de produção de telha influenciando os gastos diretos com os materiais necessários, admitindo uma poupança significativa com esta matéria-prima, justificando a importância da separação dos diferentes tipos de argilas, para que seja utilizada um tipo de argila com aptidão para cerâmica estrutural.

A segunda matéria-prima mais importante na produção de telha é a areia, a única preocupação relativa a este recurso prende-se com o facto da extração de areias envolver diferentes granulometrias, sendo necessário determinar a granulometria adequada à produção de telha cerâmica. Atualmente a organização mantém a atividade extrativa de recursos minerais, nomeadamente, a exploração de algumas tipologias de argila e areia.

As argilas vermelhas são armazenadas a granel no exterior das instalações, possibilitando a ocorrência da decomposição da matéria orgânica contida na argila, a exposição solar pode acelerar o envelhecimento deste tipo de materiais contribuindo para a alteração da sua composição química, a diminuição da humidade e a desagregação da matéria-prima, beneficiando todo o processo de produção de telha cerâmica devido ao favorecimento da eliminação de impurezas através deste processo de depuração. Enquanto as argilas brancas estão armazenadas em menores quantidades em telhas cobertas. Quanto às restantes matérias-primas, estas são adquiridas diretamente aos fornecedores, devido à complexidade dos processos necessários à sua obtenção.

Na figura 2 apresenta-se o fluxograma correspondente ao processo de produção de telha, desde a entrada das matérias-primas à colocação do produto em parque.

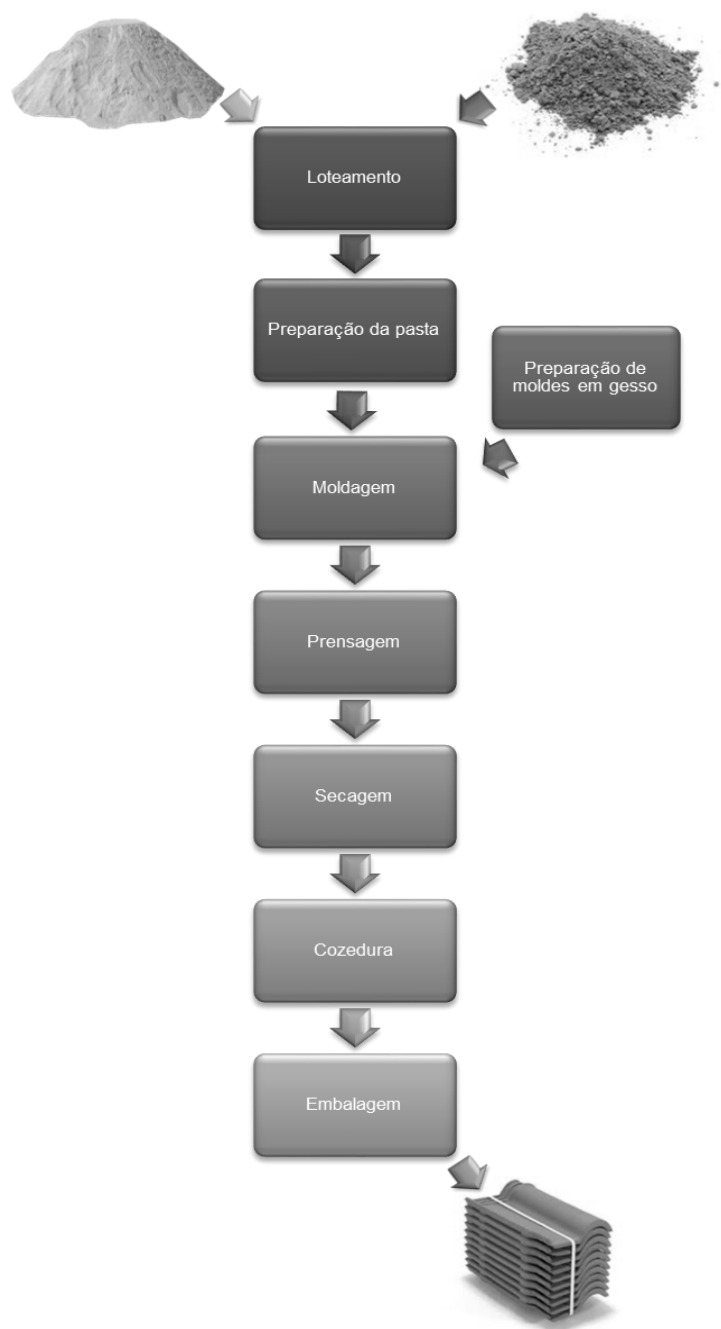


Figura 2 - Fluxograma de fabrico da telha cerâmica Advance Lusa vermelho natural.

De seguida são discriminados os processos relativos à produção de telhas cerâmicas na organização.

Pré-preparação da Pasta

Posteriormente à extração e processamento de matérias-primas procede-se à combinação dos vários constituintes da mistura, segundo as percentagens definidas para cada um dos componentes essenciais à produção da telha cerâmica solicitada, procurando obter dessa forma o tipo de pasta necessária, pois existe alguma variabilidade nas matérias-primas e nas frações definidas para cada um dos componentes em função da pasta e do tipo de produto determinado.

A pasta é encaminhada para um doseador e um selecionador, onde são extraídas pedras, cascalho, raízes e outros elementos não desejados nas pastas, de seguida ocorre uma operação de desferritização para retirar os elementos metálicos da pasta, sendo esta conduzida, posteriormente, a um amassador e a um laminador, possibilitando a apresentação de uma pasta com maior homogeneidade e uma melhoria da mistura obtida no final deste processo. Antes da entrada na respetiva linha de produção é armazenada em tulhas em função da constituição de cada tipo de pasta.

Fabrico

A unidade industrial possui três linhas independentes, tal como foi referido anteriormente. Em todas elas existe um doseador, abastecido por uma pá carregadora, de seguida um ímã com o intuito de auxiliar a operação de desferritização decorrida na preparação da pasta, um amassador, onde é controlada a humidade e, onde são adicionadas as aparas das prensas, sendo conduzida para um laminador novamente para diminuir a granulometria da pasta.

No caso da telha em estudo a produção é realizada por extrusão, o que consiste em forçar a passagem da pasta, sob pressão, através de um determinado tipo de orifício progredindo para a prensagem, processo no qual as peças obtêm a forma pretendida no final dos processos obtida através da utilização de uma prensa.

No processo de prensagem existe um cuidado especial que comporta a utilização de moldes de gesso, o que lhes facultará uma textura mais suave que facultará melhores características à telha Advance Lusa, na prensagem da telha UM são utilizados moldes de borracha, o foco no que se relaciona com a preparação dos moldes será dado aos moldes de gesso devido ao presente relatório abordar o estudo da telha Advance Lusa.

Secagem

A carga e descarga das vagonas do secador é efetuada através de um processo automatizado, salvo no caso dos acessórios, sendo posteriormente enviados para as respetivas estufas, sendo que os acessórios são produzidos numa outra linha e não são incluídos no presente caso de estudo.

Este processo tem por objetivo reduzir a humidade estando os produtos a temperaturas de cerca de 50 a 60° C, após um tempo determinado, as vagonas com os produtos são retiradas e seguem para a zona de descarga. A exaustão do ar saturado é efetuada no topo dos secadores, por intermédio de ventiladores com variadores de velocidade, controlados automaticamente de forma a manter as temperaturas e pressões desejadas no interior dos secadores. A admissão de ar quente é efetuada através de válvulas modelantes para introdução de ar de recuperação.

O controlo sobre o processo de secagem é crucial para todo o processo, pois este permite a remoção de uma pequena parte da humidade através da evaporação. Ainda que a percentagem de humidade extraída seja reduzida, este processo apresenta uma elevada influência sobre a humidade com que a telha é enviada para o forno, sendo a humidade uma das características fundamentais para o sucesso do processo de produção. Este processo permite ainda reduzir a energia necessária à cozedura dos produtos cerâmicos.

Todos os produtos são agrupados no local de enforna, com a finalidade de serem colocados em suportes que permitem que estes se mantenham sempre em equilíbrio, contribuindo para a redução de perdas ao longo dos restantes processos pela prevenção de possíveis deformações que podem ocorrer em cada um das peças e, de modo, a que uma peça afetada não influencie as restantes. Estas estruturas denominam-se gazetes refratárias e apresentam uma elevada durabilidade com a função de agentes de transporte, permitem a mecanização da carga e descarga possibilitando assim que os produtos sejam dispostos automaticamente em vagonas para serem encaminhadas para o forno.

A utilização de mono-gazetes contribui para o rigor dimensional e para manter as formas originais com que as peças saem do processo de pensagem, garantindo a total ausência de deformações nas telhas no final dos processos de produção, por forma a assegurar a sua longevidade dada a garantia facultada sobre o tipo de telha em estudo.

Cozedura

A operação de cozedura dos produtos é o processo mais importante de todos os que são parte da sua produção. Este é realizado através do cozimento em fornos de túnel, como a própria designação indica, este consiste num túnel longo construído através da aplicação de material refratário, de forma a suportar as elevadas temperaturas.

O forno apresenta uma fonte de calor na região central, neste as peças são movimentadas lentamente ao longo do túnel, sendo este dividido em três partes, por forma, a que as peças passem pelas fases de pré-aquecimento, onde a telha começa a perder maior humidade e a transformação da telha é iniciada; cozedura, onde é atingida a temperatura máxima e, por último, a fase de arrefecimento, onde as peças iniciam o arrefecimento através do ar que entra na estrutura do forno.

A queima em forno em túnel confere uma maior homogeneidade do produto e uma menor emissão de poluentes.

Nesta fase o produto sofre diversas alterações ao nível da sua estrutura química e física, alterações estas necessárias à conceção do produto com as características pretendidas, nomeadamente, resistência à rotura por flexão, ao gelo e aos sais solúveis, diminuição da porosidade e aumento da estanquicidade.

Embalagem/Paletização

Procede-se então à escolha final das peças, onde manualmente se detetam os defeitos que possam existir, para que o produto possa ser embalado. Este processo consiste ainda na colocação automática de manga plástica/filme, envolvendo os produtos que foram previamente colocados em paletes e cingidos com cinta plástica. Estas são acondicionadas com o desígnio de que sejam enviadas para a fase de utilização na melhor condição possível que passa por não apresentar defeitos nem telhas com eventuais fraturas.

Após a embalagem estes são transportados por empilhadores para o respetivo parque, onde são separados por lotes e aguardam o transporte para os revendedores ou clientes.

Preparação de moldes em gesso

A preparação do gesso é realizada pela máquina de mistura sendo necessário o abastecimento manual de gesso, depois de testada a preparação de gesso o recipiente com preparação do gesso é retirado e procede-se ao enchimento dos moldes, após o

enchimento dos moldes estes são deixados durante um certo período de tempo até que se possa proceder à sua desmoldagem. Posteriormente, são eliminados os excessos de gesso que se encontrem sobre os moldes e colocam-se falanges de vácuo para a aba e para o cano nos moldes superiores.

A utilização dos moldes no fabrico de telha deve seguir critérios de horário, ou seja, os moldes produzidos primeiramente devem ser os primeiros a ser utilizados na fabricação de telha, nomeadamente, no processo de moldagem. Estes moldes apenas são utilizados na produção da telha Advance Lusa, a telha escolhida para o caso de estudo do presente relatório.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

4. Aplicação da Pegada Ambiental do Produto

O estudo proposto tem como principais objetivos a aferição e comunicação do desempenho ambiental da telha cerâmica produto de acordo com a Recomendação da Comissão n.º 2013/179/EU, de 9 de abril permitindo a aplicação da metodologia PAP, assim o presente relatório seguirá a estrutura proposta no guia PAP, nomeadamente, a correspondente apenas ao relatório principal.

4.1. Definição do objetivo do estudo

Aplicações previstas

As aplicações previstas neste estudo são para comunicação entre empresas (B2B) e da empresa ao consumidor (B2C) sem afirmações comparativas com o objetivo de apoiar a gestão ambiental.

Motivação do estudo

Um dos aspetos importantes é a identificação de pontos críticos ambientais e a promoção da melhoria contínua do desempenho ambiental do(s) produto(s) da organização com recurso ao método da PAP, particularmente, a identificação e avaliação dos potenciais impactos ambientais associados à extração das matérias-primas e à produção de telha Advance Lusa vermelho natural.

Público-alvo

O estudo tem como principal público-alvo os colaboradores e fornecedores da organização, para além de todos os parceiros empresariais e outras partes interessadas, portanto tem uma aplicação interna, em conformidade com o guia PAP. Este poderá vir a ser divulgado ao público no futuro desde que em cumprimento com os requisitos definidos para as aplicações externas entre empresas (B2B) e da empresa ao consumidor (B2C), no entanto não se destina a apoiar declarações ambientais de superioridade ou equivalência de produtos com base nos resultados da PAP, ainda que entre produtos concorrentes que desempenhem as mesmas funções.

RCPAP de referência

O documento que resultou da parceria entre o CTCV e a APICER denominado “Apoio na

definição de declarações ambientais de produtos cerâmicos e economia de carbono com vista a uma estratégia de construção sustentável” é o documento utilizado como RCPAP de referência neste estudo (CTCV, 2009).

Entidade adjudicatária

A entidade responsável pela encomenda do estudo é a organização UM, reconhecido fabricante de telha cerâmica em Portugal, membro do *ETEX Group*, referência na Península Ibérica na indústria de telha cerâmica.

No final do estudo a entidade recetora decidirá se pretende prosseguir com o estudo da PAP procedendo às respetivas revisões periódicas.

4.2. Definição do âmbito do estudo

Unidade de análise e fluxo de referência

A unidade de análise de um produto é a chave de uma ACV, permitindo comparar produtos com funções equivalentes e fornecendo uma referência em relação à qual os dados de inventário são normalizados, de acordo com a ISO 14044:2006. Embora o presente estudo não se relacione com o apoio a afirmações comparativas, futuramente, pode vir a ser alterado em ordem a esse propósito.

A unidade de análise considerada neste estudo é de 1 m² de telha Advance Lusa na tonalidade vermelho natural preparada para ser vendida, o que corresponde a 12 unidades, com um peso de aproximadamente 37,8 kg. O fluxo de referência corresponde assim a 42,65 kg de argila e 4,74 kg de areia.

Nível de qualidade esperada

Os níveis de qualidade esperada estão sujeitos à durabilidade e desempenho da cobertura cerâmica. Os quais dependem da sua utilização e manutenção admitindo-se que a circulação sobre a cobertura é reduzida e limitada às ações de manutenção e afins, devendo existir caminhos de circulação, por forma a realizar as operações necessárias à preservação da cobertura. Pretende-se que a sua durabilidade seja coincidente com a do edifício, aproximadamente 50 anos, sendo a sua duração ou tempo de vida de 35 anos.

O produto apresenta o código 23322 - Fabricação de telhas, segundo a Nomenclatura Geral das Atividades Económicas nas Comunidades Europeias (NACE) e, de acordo com as exigências especificadas no Guia PAP para a definição da unidade de análise.

Limites do sistema

A fronteira do sistema define os limites do estudo e, especifica que processos devem ser incluídos. A seleção das fronteiras deve ser realizada de acordo com o objetivo do estudo.

As fases de utilização e fim-de-vida do produto foram excluídas, assim como as fases de construção da fábrica e das restantes infra-estruturas. Também a produção de bens de equipamento, atividades pessoais, equipamentos de escritório e manutenção de edifícios, atendendo à extensão das fronteiras do sistema

Em síntese, os limites do sistema compreendem a extração de matérias-primas e o fabrico de telha cerâmica, conforme a Figura 3.

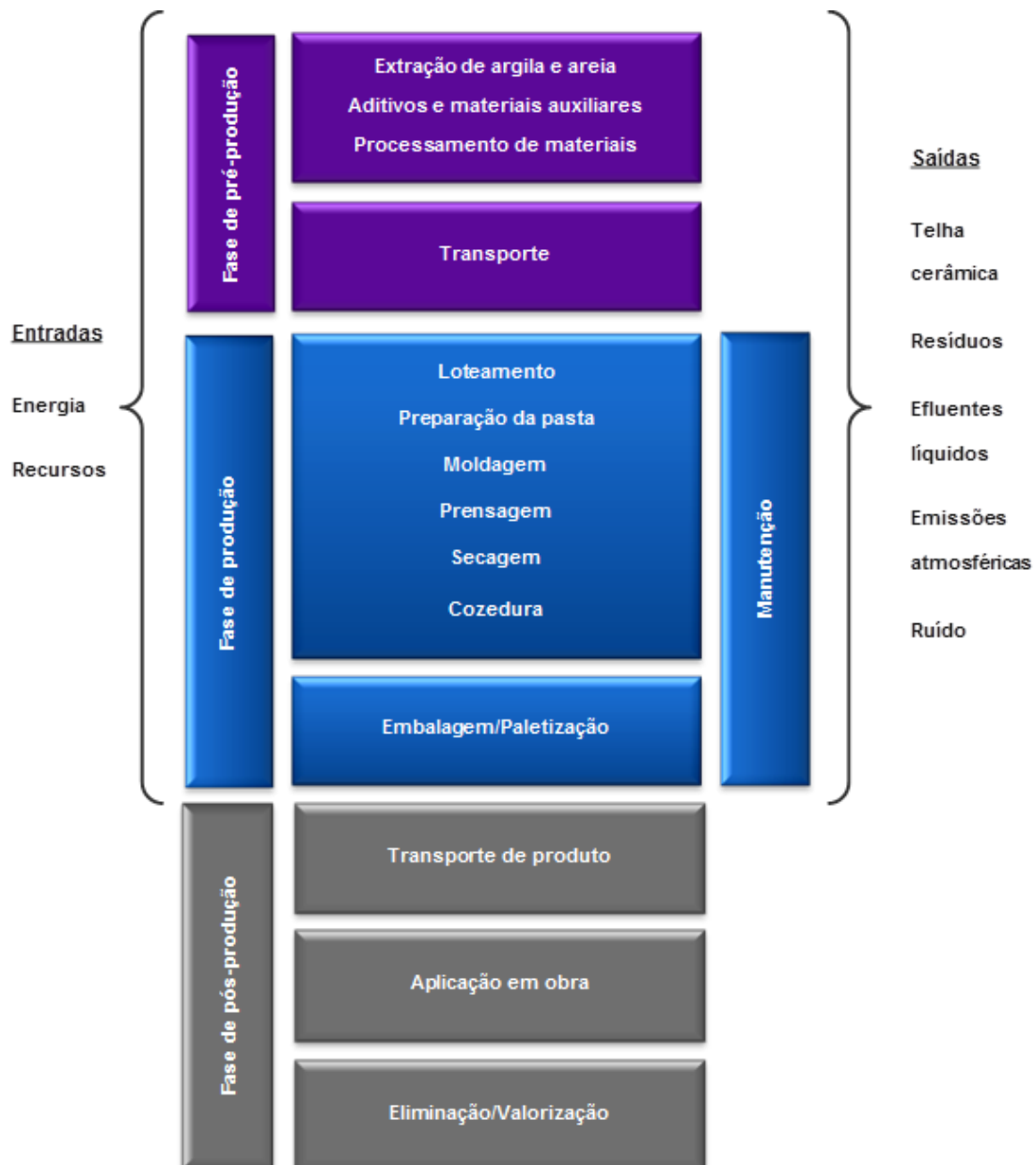


Figura 3 - Diagrama básico dos limites do sistema.

Sempre que relacionados com a figura 3 foram incluídos os seguintes fluxos de entrada:

- os fluxos de energia;
- os recursos materiais e outros recursos materiais, tais como, materiais auxiliares de processo.

Os fluxos de saída do sistema incluem:

- a telha cerâmica como produto final;
- as emissões para a atmosfera;
- as emissões para a água, distinguindo-se entre as águas do Separador de Hidrocarbonetos (SH) e da Estação de Tratamento de Águas Industriais (ETARi), nesta as águas residuais são enviadas para o tratamento necessário à sua reutilização nos limites da unidade de produção;
- a produção de resíduos, na qual se considerou os resíduos enviados para deposição, sendo uma das frações reutilizada internamente e outra entregue a entidades autorizadas para valorização.

Pelo que, o conjunto de resíduos referido no inventário resulta da análise das guias de acompanhamento de resíduos e de outros documentos, onde se define as operações de tratamento a que estes são sujeitos e com base nessa análise considerou-se apenas os que são enviados para deposição. Assim, os dados e informações relativos aos restantes resíduos são desconsiderados no inventário e mencionados a título de informação ambiental adicional.

Não são executados outros tipos de medições em relação às emissões associadas à unidade de produção, como é o caso das emissões para o solo, estando estas somente correlacionadas com os fluxos para os quais são consideradas significativas no *software*, pois não existem dados de primeiro plano relacionados com as mesmas.

Pressupostos baseados no critérios de corte e procedimentos de alocação

O critério de corte, também designado por, regra de corte estabeleceu-se para os processos e atividades que contribuem menos de 0,5% para os impactos ambientais, ou seja, em termos de importância ambiental, inicialmente, seria determinado em 0,5% da contribuição de massa, hipótese esta descartada ao longo da fase ICV devido ao tamanho do perfil de recursos e emissões obtido posteriormente à recolha de dados.

Os critérios de alocação baseiam-se na produção da telha cerâmica, produto escolhido como caso de estudo para aplicação da metodologia PAP, neste foi adotado um

procedimento de alocação mássica, consistindo este na divisão de entradas e saídas em proporção à massa da telha considerada na unidade funcional – 1 m² de produto e respetivo fluxo de referência.

Representatividade de dados

Os requisitos de qualidade de dados baseiam-se em diversos aspetos, entre os quais se encontram a adequação de dados e os tipos de fontes e informações exigidas. Os dados utilizados foram recolhidos a partir das bases de dados da empresa, e junto dos fornecedores de matérias-primas e outros materiais utilizados nos processos.

A utilização de bibliotecas de bases de dados de inventário disponibilizadas no *software* SimaPro, sendo estas as seguintes: *Ecoinvent*, *Ecoinvent 3.0*, *Eco-profiles*, *European Reference Life Cycle Database (ELCD)* e *EnergieStoffe-Umwelt - Eidgenössische Technische Hochschule (ETH-ESU)*, sendo desnecessário a utilização de dados de fontes literárias e bibliográficas para a elaboração do perfil de utilização de recursos e emissões.

Visto que a utilização do *software* seria indispensável, as bibliotecas mostraram-se como uma boa alternativa à ausência de dados por parte dos fornecedores e um excelente recurso, tendo em conta os níveis de qualidade dos critérios exigidos pelo Guia PAP.

Categorias, indicadores e modelos de impacto ambiental

O método de avaliação de impacto utilizado no presente relatório recorre a fatores de caracterização em função das categorias de impacto ambiental recomendadas no guia sobre a PAP (CE, 2013b), sendo estas as seguintes: alterações climáticas, destruição da camada de ozono, toxicidade humana - efeitos cancerígenos, toxicidade humana - efeitos não cancerígenos, partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaláveis, radiações ionizantes – efeitos na saúde humana, formação fotoquímica de ozono, acidificação, eutrofização – terrestre, eutrofização – aquática (água do mar), eutrofização – aquática (água doce), ecotoxicidade para a água doce, esgotamento de recursos – água, esgotamento de recursos – minerais, fósseis e, por fim, transformação do solo, estas são indicadas na tabela 1.

As emissões e os recursos são atribuídos a cada uma das categorias de impacto, sendo então convertidos em indicadores recorrendo a modelos de AICV. As emissões e os recursos, bem como diferentes opções de produtos, podem, assim, ser comparados nos termos dos indicadores representados (EC, 2010b).

Os indicadores referidos na tabela 1 são utilizados na AICV de modo a avaliar a magnitude e a importância dos potenciais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida da telha Advance Lusa vermelho natural.

A figura 4 apresenta um diagrama que ilustra a relação entre as categorias de impacto do ponto médio e as três “Áreas de Proteção” abordadas em *ILCD Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators* (EC, 2010b) do Manual *ILCD*, no qual se baseia o método da Pegada Ambiental para a seleção das categorias de impacto.

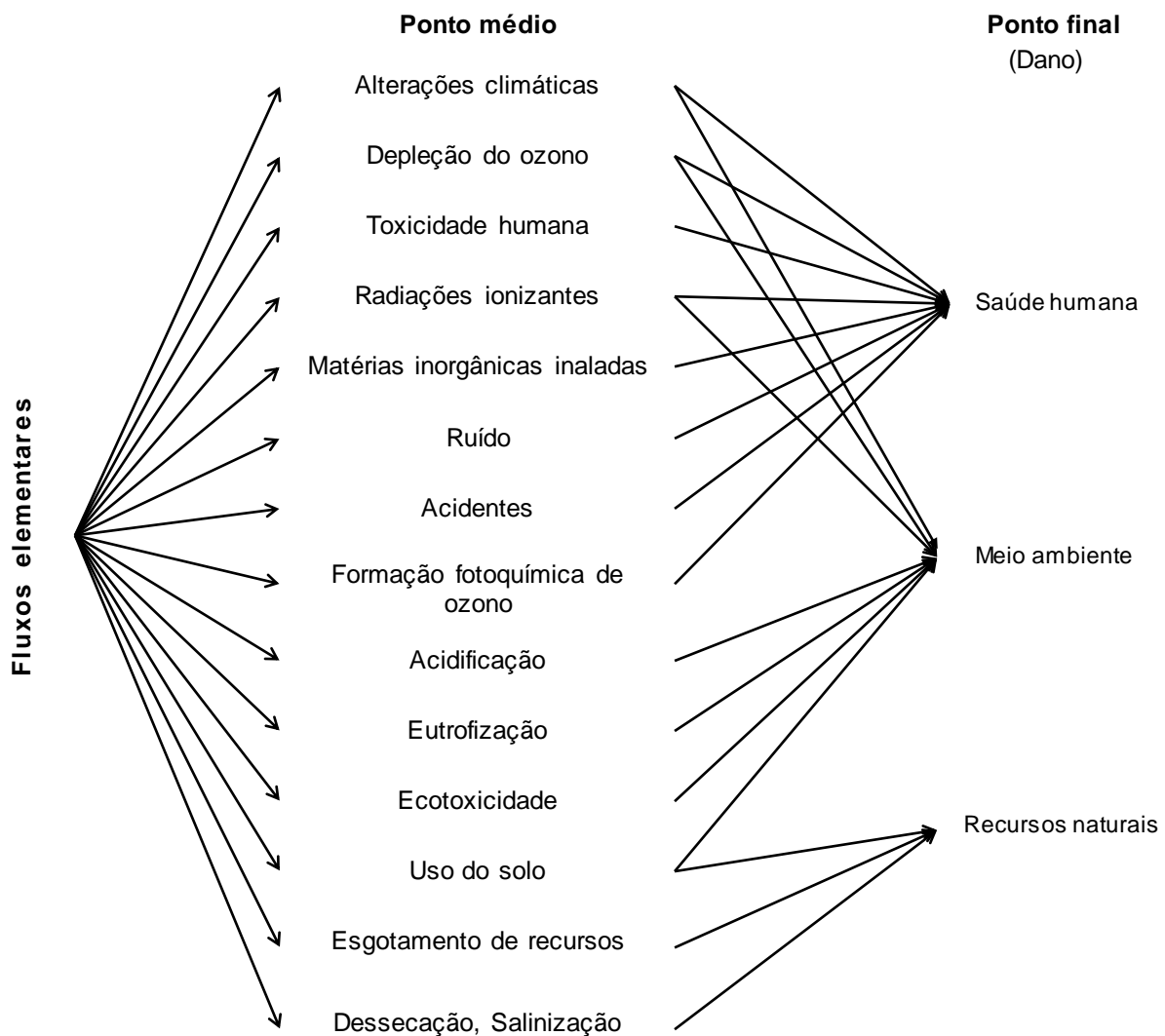


Figura 4 – Diagrama de categorias de impacto em função da caracterização do ponto médio e do ponto final (EC, 2010b).

A relação existente num modelo AICV entre os indicadores de uma determinada categoria ambiental e os diferentes níveis de impacto (cadeia de causalidade), de acordo com o mecanismo ambiental em que estes se refletem, possibilita estabelecer uma ligação de um modo simplificado, entre os fluxos elementares e as áreas de proteção apresentadas na figura 4.

A avaliação dos impactos ambientais define-se, essencialmente, em quatro passos numa análise de AICV: a seleção das categorias ambientais e classificação, a caracterização, a normalização e a ponderação.

Na seleção das categorias ambientais e na classificação são alocados os fluxos do ICV às categorias de impacto ambiental definidas no estudo ACV, segundo as potencialidades das substâncias influenciarem diferentes questões ambientais.

A caracterização baseia-se na modelação quantitativa dos impactos de cada fluxo elementar em função do mecanismo ambiental influído, através de fatores de caracterização que permitem calcular os impactos no ponto médio.

A normalização permite associar as quantificações obtidas dos passos anteriores às diferentes áreas de proteção nas quais estas se refletem, por meio de referências comuns é possível quantificar o dano. E, por último, a ponderação, o último passo de uma AICV, onde os resultados da normalização são classificados em conformidade com a sua importância relativa, suportando, deste modo, a comparação entre produtos. Estes dois passos são facultativos e foram dispensados do presente estudo.

A figura 4 mostra, deste modo, esta relação entre as categorias de impacto e as três áreas de proteção em função de uma abordagem ACV e conforme os modelos avaliados em EC (2010b) que fundamentam a escolha das categorias de impacto ambiental recomendadas no guia PAP.

Formato do relatório requerido pelo estudo

O tipo e formato de relatório requerido pelo estudo são conduzidos em conformidade com as recomendações do guia PAP, com o suporte do Anexo I, onde se destacam os principais requisitos e princípios para o desenvolvimento da estrutura do relatório principal sobre a PAP com base no quadro metodológico ACV proposto pela ISO 14044:2006.

4.3. Compilação e registo do Perfil de Utilização dos Recursos e Emissões

A compilação e registo do perfil de utilização dos recursos e emissões envolve a quantificação das entradas e saídas do sistema, compreende os procedimentos de recolha de dados com referência a qualquer tipo de bibliografia relacionada e outros procedimentos, incluindo os procedimentos de cálculo relevantes e a validação de dados.

Os dados recolhidos durante a fase de inventário podem ser medidos, calculados ou estimados permitindo avaliar cada processo unitário inserido dentro dos limites do sistema. Os dados devem ser recolhidos sempre que seja viável para cada processo unitário incluído no sistema independentemente da tipologia de dados, correspondam estes a dados qualitativos ou a dados quantitativos, segundo a norma ISO 14044:2006.

Na compilação de dados e registo do perfil do sistema é importante abranger diversos pontos de referência e bibliografia publicada para chegar a um parecer uniforme e confiável, sendo essencial garantir a integridade, consistência e autenticidade dos dados tratando-se este de um estudo que envolve a metodologia ACV, com a finalidade de garantir a obtenção de resultados ambientais representativos.

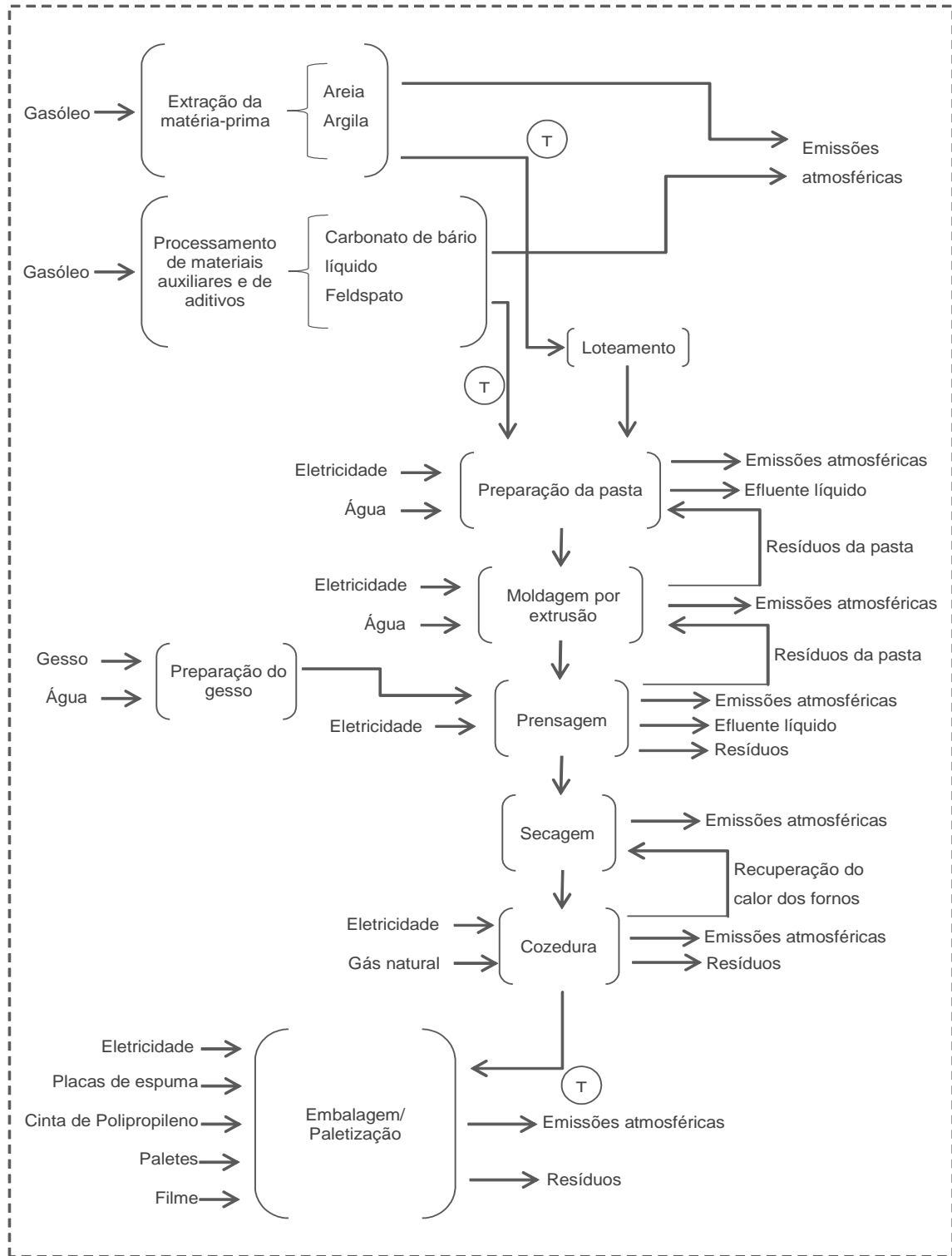
4.3.1. Procedimentos de recolha de dados

Sempre que possível o inventário reúne dados reais em prevalência de dados específicos dos processos, ou dados médios obtidos a partir da produção dos fluxos complexos em estudo. Na ausência de dados específicos utilizar-se-ão bases de dados que permitem o acesso a dados genéricos que estejam de acordo com o objetivo do presente estudo, utilizados quando não existem dados sobre os quais haja influência por parte da organização, como é o caso dos materiais produzidos fora dos limites do sistema, mas utilizados no processo de produção em estudo (Almeida, Arroja, & Dias, 2013).

Os dados utilizados para os processos de primeiro plano são dados específicos da UM, neste estudo foram utilizados dados relativos à telha Advance Lusa na tonalidade vermelho natural relativamente ao ano 2013, permitindo modelar o ciclo de vida com a representação dos fluxos envolvidos nos limites do sistema.

Estes envolvem as entradas de matérias-primas, materiais auxiliares e outros materiais físicos, as entradas de energia, as emissões para o ar, água e solo, os resíduos e outros aspetos ambientais relevantes, sendo representativos dos fluxos compreendidos nas diferentes fases do ciclo de vida nos limites do sistema.

O ciclo de vida do sistema em análise divide-se em fases ou módulos incluindo vários fluxos dentro de cada um deles. A figura 5 apresenta os aspetos ambientais significativos e os processos compreendidos pelos limites definidos para o estudo da produção de telha cerâmica.



*T - Transporte

Figura 5 - Limites do sistema incluindo os aspetos ambientais de entradas e saídas.

Os dados dos processos unitários referentes aos limites definidos do produto no interior da organização 'gate-to-gate', são os seguintes:

- os consumos de matérias-primas: areias, argilas, carbonato de bário líquido e feldspato);
- os consumos de energia: eletricidade e gás natural;
- os consumos de recursos: água do furo;
- os consumos de outros materiais e combustíveis: água da rede, materiais de embalagem, óleos, substâncias químicas utilizadas na ETARi, gesso utilizado como matéria-prima durante a preparação dos moldes, gasóleo e todos os transportes efetuados de matérias-primas e outros materiais;
- as emissões para a água;
- os resíduos enviados para tratamento foram recolhidos exclusivamente e diretamente nas instalações.

Estes dados primários foram recolhidos na unidade de produção e correspondem à produção da telha cerâmica Advance Lusa na tonalidade vermelho natural no ano 2013, tal como exposto ao longo do presente relatório.

A tabela 2 mostra os fluxos referentes aos dados específicos representativos do inventário em função dos limites do sistema de produção da telha em estudo, sendo que todos estes fluxos se apresentam em função da unidade de análise.

Tabela 2 – Inventário de dados específicos do ano 2013 do produto em estudo.

Entradas	Quantidade	Unidade
<i>Recursos</i>		
Água do furo	2,71E-03	m ³
<i>Matérias-primas</i>		
Argila	4,26E+01	kg
Areia	4,74E+00	kg
Carbonato de bário líquido	2,62E-02	kg
Feldspato	1,18E+00	kg
<i>Materiais e combustíveis</i>		
Água da rede	9,91E-01	kg
Paletes	4,17E-02	p
Placas de espuma em poliuretano	4,17E-03	kg
Cinta plástica em polipropileno	1,39E-02	kg

*p-partes ou unidades

Tabela 2 – Inventário de dados específicos do ano 2013 do produto em estudo (continuação).

Entradas	Quantidade	Unidade
<i>Materiais e combustíveis (continuação)</i>		
Filme em polietileno de baixa densidade	4,87E-02	kg
Óleos lubrificantes	7,72E-03	kg
Cloreto de alumínio	1,66E-04	kg
Ácido clorídrico	1,42E-04	kg
Hidróxido de sódio	6,68E-05	kg
Gesso	3,55E-02	kg
Gasóleo	4,47E-02	kg
Transporte de carga, veículo comercial ligeiro	2,07E-11	tkm
Transporte de carga, camiões 16-32 t, EURO 3	3,15E-04	tkm
<i>Eletricidade e calor</i>		
Eletricidade	3,36E+00	kWh
Gás natural	5,02E-05	TJ
Saídas	Quantidade	Unidade
<i>Emissões para a água</i>		
CQO	1,31E-06	kg
CBO ₅	1,05E-07	kg
Sólidos Suspensos	7,32E-07	kg
Nitratos	3,34E-07	kg
Azoto amoniacal	9,21E-08	kg
Óleos e gorduras	6,26E-08	kg
Óleos minerais	9,21E-08	kg
Hidrocarbonetos totais	6,26E-08	kg
Azoto total	9,21E-08	kg
Fósforo total	9,21E-08	kg
Detergentes	2,07E-08	kg
Sulfuretos	9,21E-10	kg
Fenóis	1,15E-09	kg
Sulfatos	1,08E-06	kg
Arsénio	2,30E-09	kg
Chumbo	8,29E-09	kg
Cádmio	2,30E-09	kg
Crómio	2,30E-09	kg
Crómio hexavalente	2,30E-09	kg
Alumínio	2,76E-08	kg
Ferro	4,61E-08	kg
Manganês	8,06E-09	kg

*tkm – Tonelada por quilómetro

Tabela 2 – Inventário de dados específicos do ano 2013 do produto em estudo (continuação).

Saídas	Quantidade	Unidade
<i>Emissões para a água</i>		
Cobre	9,21E-09	kg
Níquel	2,30E-09	kg
Mercúrio	4,61E-10	kg
Cianetos	2,30E-09	kg
Cloro total	1,84E-08	kg
Sulfitos	4,61E-08	kg
Aldeídos	3,09E-09	kg
Formaldeído	2,76E-09	kg
Acetaldeído	2,76E-10	kg
Butiraldeído	4,61E-11	kg
Benzaldeído	4,61E-11	kg
Glutaraldeído	4,61E-11	kg
Propionaldeído	4,61E-11	kg
Valeraldeído	6,91E-11	kg
<i>Resíduos e emissões para tratamento</i>		
Resíduos inertes	7,21E-03	kg
Lamas de óleo	1,58E-03	kg
Águas residuais	2,83E-06	m ³
Outros resíduos perigosos	5,86E-04	kg

Relativamente aos dados de primeiro plano os procedimentos de recolha de dados apoiaram-se, principalmente, em técnicas de observação, no interior da organização, onde as atividades são desenvolvidas com o objetivo de obter aspetos de cada processo unitário e, em técnicas de análise documental, permitindo efetuar o tratamento e análise de conteúdos necessário para constituir uma boa base de informação de fluxos de entradas e saídas.

A impossibilidade de obtenção de dados significativos junto dos fornecedores para os restantes processos no exterior da organização, nomeadamente, a extração de matérias-primas, o processamento de materiais auxiliares e aditivos e o respetivo transporte, etc. e, dada a relevância ambiental destes para o caso de estudo houve necessidade de recorrer a dados genéricos. Com o objetivo de colmatar esta ausência recorreu-se a diversas bases de dados de ICV, tais como: *Ecoinvent*, *Ecoinvent 3.0*, *Eco-profiles*, *European Reference Life Cycle Database (ELCD)* e *EnergieStoffe-Umwelt - Eindgenössische Technische Hochschule (ETH-ESU)*.

No caso das emissões para a atmosfera não obstante de serem efetuadas medições nas fontes fixas de parâmetros como: as partículas, os fluoretos, os compostos orgânicos, os óxidos de azoto (NOx), monóxido de carbono (CO) e cloretos, analisando a frequência de amostragem e os parâmetros analisados em função da composição do gás natural e das emissões associadas à sua combustão, considerou-se mais apropriado recorrer a uma base de dados cientificamente aceite como é o caso da *Ecoinvent*.

4.3.2. Descrição dos processos unitários

Neste item são descritos os fluxos em função das bases de dados necessárias ao longo do processo de AICV. Na tabela 3 apresenta-se a relação entre os processos traduzidos através dos fluxos complexos escolhidos e a respetiva base de dados utilizada.

Tabela 3 – Processos/fluxos complexos compreendidos em cada biblioteca de base de dados.

Base de dados	Processo
<i>Ecoinvent</i>	Feldspato
	Ácido clorídrico
	Gás natural
<i>Ecoinvent 3.0</i>	Argila
	Carbonato de bário
	Água da rede
	Paletes
	Placas em poliuretano
	Filme plástico ou manga plástica industrial
	Óleos lubrificantes
	Cloreto de alumínio
	Gesso
	Gasóleo
	Transporte de mercadorias – veículos ligeiros comerciais
	Transportes de mercadorias – pesados de mercadorias
	Tratamento de resíduos inertes
	Tratamento de águas residuais
	Tratamento dos resíduos perigosos
	<i>Eco-profiles</i>
<i>ELCD</i>	Eletricidade
<i>ESU – ETH, System model Basic Materials</i>	Cinta plástica em polipropileno
<i>ESU – ETH, System model Waste Management</i>	Tratamento de lamas de óleo

A caracterização de cada um dos processos associados às bases de dados, especificadas na tabela 3, é realizada na tabela 4.

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso.

Processo	Descrição
Feldspato	Inclui as matérias-primas utilizadas na sua produção, o uso de energia e de materiais auxiliares, assim como as emissões para o ar, água e solo resultantes da operação de separação por flutuação e etapas de triagem. Quer o transporte, quer as emissões para o ar baseiam-se em valores estimados, os quais têm por base a exploração de bauxita.
Ácido clorídrico	O fluxo contempla os processos desde a utilização dos compostos percursoros e de materiais auxiliares, a utilização de eletricidade, os transportes efetuados, as emissões para o ar e água, as emissões de resíduos sólidos resultantes da produção são omitidos, é assumida uma atribuição de 50% para a produção de ácido clorídrico gerado pela reação de cloro com hidrogénio e os restantes 50% pelo processo de Mannheim que consiste na produção de sulfato de sódio e ácido clorídrico a partir de cloreto de sódio e ácido sulfúrico.
Gás natural	Combustão de gás natural num forno industrial inclui a entrada de combustível a alta pressão na rede, a utilização de caldeira, e as emissões para a atmosfera. Este fluxo baseou-se na recolha de informação a partir de múltiplas fontes da literatura e em informações de diversos fornecedores. As emissões de CO e de NOx advêm do diretório de atividade da lista <i>Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches</i> (SVGW) – Sociedade Suíça da Indústria do Gás e da Água, no ano 2002, sendo estas emissões o resultado de medições efetuadas em condições controladas sem ajustamento à realidade devido à ausência de informação para realizar o devido acerto.
Argila	Na operação de extração é assumida a exploração de uma camada de argila de 30 m, não existindo consumos de eletricidade, os transportes são efetuados por máquinas que utilizam gasóleo pesado e os consumos de água são incluídos. A exploração com a escavadora, transporte para o esmerilhamento, a utilização do solo, tanto em termos de transformação, como ocupação da área de exploração e a recuperação da área (reflorestação) são também incorporados neste processo.

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso (continuação).

Processo	Descrição
Areia	Em relação à areia a operação de extração corresponde a um processo multifuncional que abarca a exploração de cascalho/areia, incluindo os processos correspondentes à exploração de areia e de cascalho redondo na mina. É tido em conta todo o processo de manufactura para a areia (excluindo o esmerilhamento) e cascalho, processos internos, como o transporte, o consumo de gasóleo, os consumos de eletricidade, os consumos de água, a utilização do solo, tanto em termos de transformação, como ocupação da área de exploração e a recuperação da área (reflorestação), tal como considerado no processo referente à extração de argila.
Carbonato de bário	Incorpora os processos de esmagamento do mineral whiterita, lavagem e transporte por tapete rolante. Parte da energia de aquecimento utilizada para a produção e administração é considerada. Inclui a extração do mineral, as máquinas industriais pesadas e o tapete rolante utilizado, em termos energéticos, a produção de calor, eletricidade, o consumo de gasóleo e, ainda as emissões para o ar de partículas e de água sob a forma de vapor.
Água da rede	Este envolve a rede de distribuição, as perdas durante o transporte e as atividades desde a introdução da água na rede, sob pressão, na ETAR até ao consumidor industrial/doméstico, excluindo o consumo de energia utilizada durante a distribuição para introdução de pressões adicionais na rede e as emissões referentes às perdas de água no solo, assumindo que não existem consequências para o meio ambiente, uma vez que se considera o efluente tratado.
Paletes	O fluxo mais atual abarca a utilização dos seus materiais constituintes constituindo assim uma abordagem do “berço à porta”. Devido ao tempo de vida médio de uma paleta, o processo não reflete o tratamento de resíduos na fase de fim de vida. Este processo deverá ser utilizado, unicamente, em relação a processos de embalagem e transporte de produtos.
Placas em poliuretano	O processo engloba o transporte de monómeros, assim como, a sua produção na íntegra, os consumos de água associados à produção, a utilização de energia, as emissões para o ar e para a água e os resíduos resultantes da produção de poliuretano.
Filme plástico ou manga plástica industrial	Neste processo é quantificado o plástico utilizado para produção e o transporte desde o local onde é produzido até ao local de conversão, a transformação do polímero é efetuada através de extrusão.

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso (continuação).

Processo	Descrição
Óleos lubrificantes	Inclui a utilização de matérias-primas, o consumo de energia, sendo as emissões para o ar estimadas com base nos combustíveis utilizados para a sua produção.
Cloreto de alumínio	Em substituição e na ausência desta substância especificadamente foi utilizado um processo mais abrangente, um fluxo correspondente a um produto químico inorgânico, devido à ausência de um processo mais apropriado. Este compreende todo o processo desde a extração até ao transporte dos materiais e matérias-primas para as áreas de armazenamento, o processamento, os consumos de energia sob a forma de eletricidade e gás natural, os consumos de água, as emissões para o ar, água e solo e, por fim o a utilização do solo.
Gesso	No que se refere ao processo de utilização de gesso é considerada a utilização das seguintes matérias-primas: areia, argila e água nas proporções 55%, 25% e 20%, compreendendo todo o processo na instalação onde é produzido e a respetiva embalagem, sendo esta uma análise quantitativa “porta à porta”. As emissões de processos diretos são excluídas, apenas são compreendidas as emissões para o ar e para a água.
Gasóleo	Neste é analisada a cadeia de distribuição de produtos derivados do petróleo até ao consumidor final (doméstico, transportes, centrais elétricas, etc.), anexando todos os transportes necessários, ou seja, o trajeto completo desde a refinaria até ao consumidor final, as operações de armazenamento em tanques e estações, as emissões evaporativas e as emissões provenientes do tratamento de efluentes.
Transporte de mercadorias – veículos ligeiros comerciais	Contempla a operação do veículo, a sua produção e manutenção, a pavimentação de estradas, a utilização de eletricidade e um conjunto de dados relativos às emissões provenientes do consumo de combustível. As emissões diretas de substâncias gasosas, matéria particulada e metais pesados são representativos. As emissões de partículas compreendem as emissões de exaustão e de abrasão. As emissões de metais pesados para o ar, água e solo devido à abrasão dos pneus não são desprezados.

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso (continuação).

Processo	Descrição
Transportes de mercadorias – pesados de mercadorias	<p>No que diz respeito aos transportes com veículos pesados recorreu-se a um fluxo que compreende camiões de 16 a 32 t e classe EURO 3. Este integra o ciclo de vida completo deste, ou seja, reflete-se numa análise ‘<i>cradle-to-grave</i>’ de veículos e estradas.</p> <p>Os consumos de combustível e as emissões atmosféricas a médio prazo a nível europeu baseiam-se em fatores de transporte não específicos. O fator médio de carga para a classe de transporte escolhida é de 5,79 t e o peso bruto do veículo de 15,79 t. O tamanho do veículo e o fator médio de carga determinam o peso bruto e, por consequência, o consumo específico de combustível e as emissões de exaustão e não exaustão. As emissões de não exaustão referem-se aos pneus, travões e ao próprio desgaste da estrada. O tratamento de resíduos é estimado no processo de transporte.</p>
Tratamento de resíduos inertes	<p>As informações que constam neste processo baseiam-se, principalmente, em fontes da literatura para um aterro sanitário adaptado às características do aterro em causa, isto é, com especificidade para deposição de resíduos inertes na sua grande parte e, consideravelmente, inertes resultantes da produção de produtos cerâmicos. Estão envolvidos processos específicos de utilização de energia e da deposição em aterro sanitário, neste não são contempladas as emissões indiretas do aterro com material inerte, nomeadamente, os lixiviados, pois não são representativos.</p>
Tratamento de águas residuais	<p>Este abrange a água residual encaminhada para uma estação de tratamento municipal de tamanho médio, considerando uma estação de tratamento de três fases, tratamento mecânico, biológico e químico, incluindo a digestão de lamas por fermentação. Desde que a água residual entra na ETAR até à sua descarga como efluente tratado. Os consumos de materiais, energia e calor e as emissões para o ar, água e solo, o tratamento final dos resíduos utilizados, os transportes e o uso do solo são compreendidos neste processo.</p>
Tratamento dos resíduos perigosos	<p>Considera as emissões específicas para o ar e água originadas pelo tratamento de resíduos a partir de incineração, os consumos de materiais auxiliares para tratamento dos gases de combustão, as emissões a curto prazo para águas superficiais e a longo prazo para águas subterrâneas, neste último caso as emissões devem-se às cinzas solidificadas e às lamas desidratadas existentes no aterro de material residual.</p>

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso (continuação).

Processo	Descrição
Hidróxido de sódio	<p>Considerados os processos necessários à produção de hidróxido de sódio, com base numa abordagem ‘<i>cradle-to-grave</i>’, desde a extração de recursos e utilização de recursos renováveis até à reciclagem de resíduos e de materiais secundários para reintrodução na produção e gestão dos fluxos de resíduos relevantes.</p>
Eletricidade	<p>As informações acerca da energia utilizada constituem, uma agregação oficial de dados com inclusão de importação/exportação, mais detalhadamente, são utilizados dados de centrais elétricas, onde existe uma combinação de dados de medições de emissões e de valores calculados de modo a estimar as emissões inerentes às caracterizações de emissões que não são realizadas, como é o caso das emissões de químicos orgânicos e metais pesados. Os dados de energia relativos à refinaria são desta forma bastante satisfatórios. O inventário baseia-se parcialmente em dados de primeiro plano da indústria e parcialmente na literatura para os dados de segundo plano.</p> <p>Este fluxo abrange uma diversidade de recursos e materiais utilizados, com uma referência bastante completa das emissões, tanto para o ar, como para a água e solo, incluindo ainda os fluxos de resíduos finais. O conjunto de dados envolve a exploração sobre a extração, preparação, transporte dos combustíveis até às centrais elétricas, incluindo diversos tipos de transporte (fluvial, ferroviário e rodoviário, para além dos gasodutos). Os modelos de refinarias representam o padrão atual nacional (técnicas de refinaria e abastecimento) considerando a legislação específica de cada país.</p> <p>No consumo agrupado de eletricidade – mix de eletricidade, é possível escolher o processo mais adequado em função da referência espacial, especificidade para região ou país.</p> <p>O mix de eletricidade escolhido baseia-se na distribuição efetuada em Portugal e na produção de distribuidores de energia nas centrais elétricas. Nas especificações dos combustíveis é considerada a partilha dos recursos através de importação ou fornecimento doméstico até às perdas de distribuição e do próprio uso, as propriedades energéticas e, ainda especificações de distribuidores de energia. Para além das especificações das normas tecnológicas das centrais, eficiência, tecnologias de combustão, dessulfurização, remoção de NOx e despoejamento.</p>

Tabela 4 – Processos utilizados e respetiva descrição com base nas bibliotecas de recurso (continuação).

Processo	Descrição
Cinta plástica em polipropileno	<p>Este considera a polimerização de propileno com uma eficiência de 95% utilizando 75% em fase de suspensão e 25% em fase gasosa durante as etapas referentes aos processos de polimerização. O consumo de energia elétrica para a produção de calor é estimado. As emissões para o ar de COVs durante a preparação do catalisador e vazamento do reator são tidos em conta, NOx e poeiras são contabilizados também para as emissões para a água, assim como substâncias aromáticas, solventes e metais, podem ser expectáveis do solvente de cura e reciclagem do catalisador. Os processos decorrentes da produção de propileno utilizado como matéria-prima para a polimerização do polipropileno e, todos os processos que ocorrem durante a destilação do óleo residual na refinaria e dos gases de combustão nos fornos são compreendidos no processo.</p>
Tratamento de lamas de óleo	<p>Neste processo é considerada a incineração de lamas de óleo com recurso a um incinerador especial, lamas estas originadas em tanques de armazenamento de óleo/petróleo, onde se considera a água utilizada como recurso, os processos de armazenagem de óleo na Europa, o transporte efetuado na Europa (considerando transportes pesados com cerca de 16 t e o incinerador de resíduos especial, este consiste num forno de pós-combustão com uma temperatura de 1200° C. Para além do incinerador também é dado destaque à utilização de uma caldeira a vapor para recuperação da energia sob a forma de calor, energia esta recuperada e usada nas instalações.</p> <p>As emissões de poluentes como o NOx, emissões de resíduos sólidos e, ainda alguns materiais, tais como, o óleo de aquecimento, químicos e o tratamento de águas foram alocadas neste processo através de modelos especiais.</p>

A nomenclatura segundo as regras *ILCD* recomendadas no guia PAP para a denominação dos conjuntos de dados de processo, entradas, saídas e fluxos de produtos com vista à compatibilização entre diferentes bibliotecas de bases de dados é apresentada no Anexo II.

4.3.3. Procedimentos de cálculo

Os cálculos realizados após a recolha de dados, no contexto da realização da compilação do perfil de utilização dos recursos e emissões foram efetuados de acordo com a unidade

de análise escolhida no caso de estudo, relacionando-os desta forma com o fluxo de referência e com os processos unitários.

Segundo Consoli *et al.* (1993) nos processos mais relevantes os dados devem ser apresentados como um valor médio, uma medida de tendência central ou uma medida de variabilidade em torno da média, no que se relaciona com as possibilidades existentes.

Após a recolha de dados e aplicação dos procedimentos de afetação é necessário calcular a dimensão de cada um dos processos, nesse sentido foi necessário recorrer ao método sequencial. Neste o procedimento de cálculo é simples quando os dados de entrada se encontram normalizados para cada um dos constituintes do sistema, como se trata no caso das matérias-primas e do material de embalagem.

Já noutras entradas e saídas do sistema, tais como: os consumos energéticos, consumos de água, materiais auxiliares e produção de resíduos, tratam-se de sequências não lineares de operações com funções mútuas, sendo convertidas em sequências pseudo-lineares, nada obstante, reconhece-se que este procedimento não deixa de ser uma aproximação, o que por si só aumenta os erros associados aos cálculos efetuados e aos resultados analíticos (Fava *et al.* 1991).

As matérias-primas obedecem a uma desagregação em função do tipo de telha produzida, isto é, a respeito da preparação da pasta necessária à produção da telha em estudo, sendo o cálculo definido em relação às proporções de cada componente na pasta, relacionando a quantidade necessária de cada componente em função da unidade de análise e do fluxo de referência considerados, partindo dos valores médios utilizados para a produção de mil unidades de telha cerâmica Advance Lusa tonalidade vermelho natural.

Um procedimento semelhante foi aplicado aos materiais de embalagem com apenas uma diferença, sendo esta a necessidade de recorrer à massa volúmica de cada um com recurso a dados dos fornecedores para a respetiva conversão em unidades de massa, dando cumprimento aos requisitos estabelecidos, não só dos documentos de apoio do presente estudo, mas também de outros estudos desenvolvidos na mesma área técnica.

Relativamente ao consumo de energia, nomeadamente, eletricidade, gás natural; consumos de água, quer água da rede, quer água de captação subterrânea; materiais auxiliares, materiais utilizados para a operação da estação de tratamento de águas industriais, para a produção de moldes de gesso e resíduos finais enviados para

deposição, realizou-se uma estimativa pela desagregação dos valores recolhidos a partir da análise documental dos consumos nas instalações em função da quantidade de telha enfornada e da produtividade anual da telha em estudo, ou seja, da eficiência de produção e, por fim relacionando cada um dos valores obtidos com o fluxo de referência definido no estudo. Pelo que, esta estimativa possibilita a obtenção de valores médios de contribuições para cada um dos parâmetros mencionados.

Especificamente o gasóleo, óleos e massas, devem ser expressos em unidades de massa, utilizando dados necessários às conversões a partir da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (2013,2014) e das fichas de dados de segurança de óleos e massas.

Os transportes de matérias-primas, materiais de embalagem, materiais auxiliares e de resíduos enviados para deposição, foram estimados em função do tipo de transporte, tipo de veículo, carga (quantidade transportada), distância de transporte e o número de viagens efetuadas (frequência de transporte).

Não foi possível averiguar junto dos fornecedores, informações relativas ao consumo de combustível, à taxa de carga, ao número de viagens de regresso em vazio para os transportes relevantes, à afetação para transporte de mercadorias com base no fator de limitação de carga e à produção de combustível. Para além destes, não foi possível obter informações sobre parâmetros adicionais, tais como: as infraestruturas de transporte, recursos e instrumentos suplementares. Os impactos referentes ao transporte são expressos nas unidades de referência por defeito, para transporte de mercadorias – tkm.

Este requisito relativo ao transporte de mercadorias criou a necessidade de considerar a quantidade transportada ou carga em unidades de massa e, em relação à distância percorrida. Nesse âmbito recorreu-se às propriedades de cada item transportado utilizando a sua massa específica ou densidade.

Em relação às emissões para a água foram calculadas as médias da caracterização das emissões dos parâmetros na ETARi e no SH, estas são executadas por entidades externas autorizadas em função dos volumes dos tanques de armazenamento, para onde são encaminhados os efluentes a tratar, obedecendo desta forma aos requisitos para este tipo de emissões, no que se refere à sua expressão através de unidades de massa, tal como recomendado por CTCV (2009).

Relativamente aos resíduos, realizou-se uma análise a todos os relatórios e guias de acompanhamento de resíduos, de forma a compreender a distribuição em relação às

operações a que são sujeitos, nomeadamente, operações de valorização ou eliminação de resíduos. Estas operações são discriminadas no Anexo III do presente relatório, de acordo, com a Lista Europeia de Resíduos (LER) publicada através da Portaria n.º 209/2004, de 3 de março publicada na Decisão 2000/532/CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e alterada pela Decisão 2014/955/UE de 18 de dezembro de 2014, o que não altera os resíduos gerados na organização, pode observar-se nas guias de acompanhamento de resíduos e no mapa integrado de registo de resíduos (MIRR) a descrição das operações de gestão de resíduos em função das obrigações legais.

Após a seleção efetuada com base na “lista de resíduos” apresentada na Decisão 2014/955/EU, foi possível destacar os resíduos que são enviados para deposição como ilustra o Anexo III, considerando somente: os resíduos inertes, as lamas de óleo, as águas residuais e outros resíduos perigosos. De futuro estes podem vir a ser reanalisados, agrupados e utilizados nas DAP a título informativo.

4.3.4. Validação de dados

4.3.4.1. Comparação com a RCPAP de referência

A validação de dados é um dos requisitos da norma ISO 14044:2006 respeitante aos requisitos e linhas de orientação de uma ACV, a qual deve ser realizada durante o processo de recolha de dados de forma a demonstrar evidências de que os requisitos da qualidade se encontram dentro do expetável.

A validação é também um dos requisitos distinguidos no guia sobre a PAP que deve constar juntamente com os procedimentos de recolha de dados e de cálculo do impacto ambiental do sistema em estudo. Segundo a norma ISO 14044:2006 os dados podem ser validados através da utilização de balanços mássicos e/ou energéticos do sistema em estudo, análises comparativas de valores de emissões, não esquecendo que cada processo unitário obedece à lei da conservação da massa e energia, assim a validação de dados pode ser utilizada como instrumento de verificação dos dados numa fase preliminar.

O relatório final do trabalho de apoio técnico desenvolvido entre a APICER e o CTCV na definição de declarações ambientais de produtos cerâmicos e economia de carbono com o objetivo de promover a construção sustentável apresenta um quadro com os valores máximos e mínimos obtidos para a produção de 1 t de telha cerâmica, considerando apenas o gás natural como combustível necessário à produção de calor e o gasóleo no

que se refere à extração e aos transportes internos, tal como sucede nas instalações onde é produzida a telha em estudo (CTCV, 2009).

A representação gráfica da correspondência entre os valores mínimos e máximos disponibilizados por CTCV (2009) e os valores obtidos na recolha de dados de ICV do caso de estudo encontra-se no Anexo IV. Pode constatar-se pela análise e comparação que a utilização de argila, o consumo de eletricidade, o consumo de gasóleo, os transportes em tkm (desconsiderando o tipo de transporte) as emissões para a água, a produção de lamas de tratamento local de efluentes e a produção de resíduos perigosos estão dentro dos limites mínimos e máximos estabelecidos.

A utilização de areia, o consumo de água da rede pública, a utilização de materiais de embalagem, como as paletes, a cinta plástica e a manga plástica/filme, a utilização de óleos lubrificantes e do gesso na preparação dos moldes como materiais auxiliares e as emissões para a água, nomeadamente a CQO excede os limites estabelecidos no relatório do CTCV.

Relativamente ao consumo de gás natural, à utilização de água do furo (águas subterrâneas) e à utilização de placas de espuma como material de embalagem pode verificar-se que estes são inferiores ao limite mínimo estabelecido no mesmo relatório.

No que concerne ao consumo de água constata-se que o consumo de água da rede pública é, em muito superior ao valor sugerido e que o consumo de águas subterrâneas é bastante inferior ao limite mínimo, dado que o somatório de ambos não transpõe o valor máximo definido para o consumo de água do furo, ou seja, o maior limite máximo considerado para o consumo de água no estudo do CTCV, o que pode dever-se apenas ao facto de existir uma limitação da água subterrânea disponível para consumo e, conseqüentemente, seja necessário recorrer com maior frequência à água da rede pública.

4.3.4.2. Balanço material

De seguida apresenta-se a figura 6, na qual se ilustra o balanço material relativamente à produção de telha Advance Lusa vermelho natural, onde são representadas as entradas e saídas relevantes do sistema, tendo por base a unidade de análise seleccionada no presente estudo.

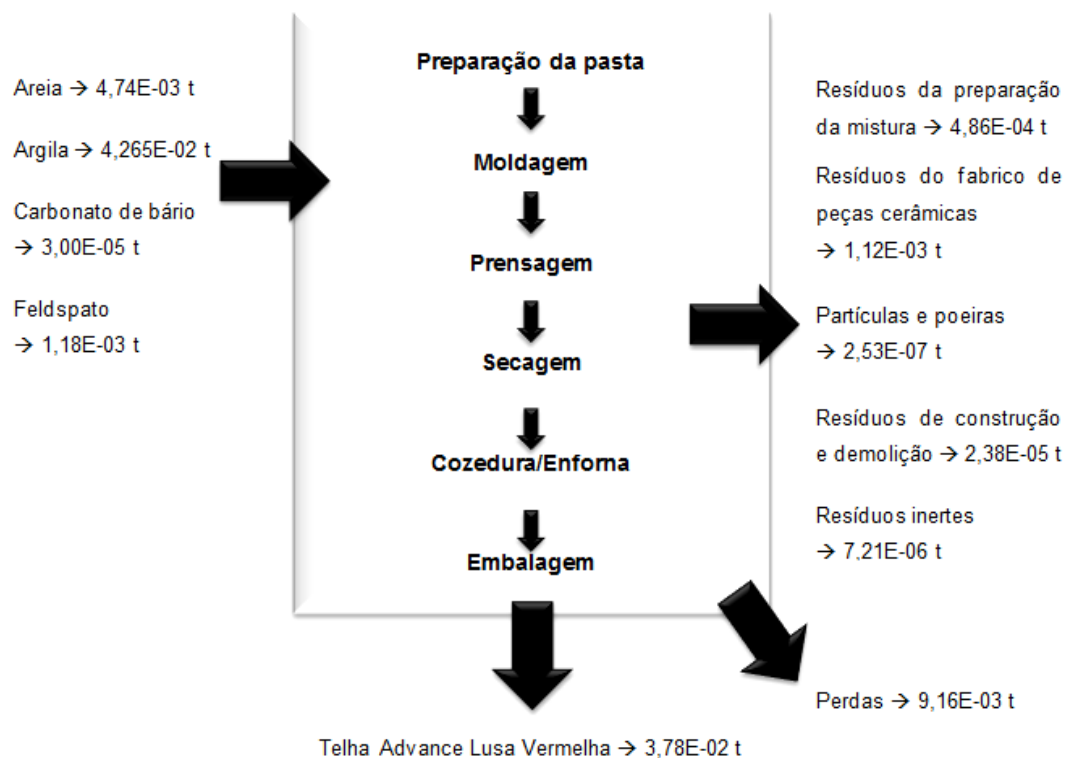


Figura 6 - Balanço material relativo a 1 m² de telha cerâmica.

Com a finalidade de interpretar, da melhor forma possível, as perdas ocorridas durante o processo de produção de telha cerâmica como pode observar-se através da análise do balanço material representado pelo diagrama de fluxo na figura 6 é necessário calcular as perdas ao rubro. O cálculo das PR engloba um conjunto de ensaios que permitem determinar a humidade específica das amostras, em verde, seco e cozido obtendo-se o valor de PR através dos ensaios realizados na unidade de produção.

Os resultados das medições efetuadas no ano 2013 para as diferentes amostras da pasta vermelha são expostos na tabela 5.

Tabela 5 - Valores de humidade de extrusão e perda ao rubro para três amostras.

Descrição do ensaio	Amostra 1		Amostra 2		Amostra 3	
	HE (%)	PR (%)	HE (%)	PR (%)	HE (%)	PR (%)
janeiro	15,25	7,49	15,87	6,59	16,08	6,3
fevereiro	16,86	6,71	17,07	6,48	17,24	6,4
março	15,51	7,21	15,63	7,29	15,63	7,18
abril	15,51	7,84	17,53	5,62	17,43	5,08
junho	16,05	6,92	15,96	6,98	16,12	6,84
agosto	16,89	5,71	16,98	5,62	17,04	5,62
setembro	16,16	5,67	16,51	5,60	16,62	5,51
outubro	17,58	5,32	17,59	5,45	17,61	5,44
novembro	16,14	5,23	16,10	5,28	16,06	5,23
dezembro	16,42	6,52	16,64	6,43	16,6	6,45
Média	16,24	6,46	16,59	6,13	16,64	6,00

*HE – Humidade de extrusão (%) PR – Perdas ao rubro (%)

Pode observar-se na tabela 5 os valores de humidade de evaporação e perda ao rubro obtidos ao longo de vários meses no ano 2013 para três amostras do mesmo tipo de pasta. Pelo que através da média dos valores obtidos para cada uma das amostras foi possível considerar uma perda ao rubro de aproximadamente 6,20% relativamente à cozedura desta telha, ou seja, para a utilização de cerca de $4,26E-2$ t de argila, sendo esta a quantidade desta matéria-prima que entra no sistema como se mostra na figura 6, as PR associadas à produção de 12 unidades são de, aproximadamente, $2,64E-03$ t. Ou seja, o balanço material apresentado não se mostra completo.

Pelo que se neste caso o ponto que se aproxima desse equilíbrio não é alcançado, conforme referido teoricamente esta situação constitui um problema associado à produção de telha, pelo que deverá ser alvo de reflexão no decorrer deste relatório. Como se apresenta na figura 6 as perdas são de $9,16E-3$ t, quer dizer que excluindo as perdas devidas às PR da argila, a perda final do sistema é de $6,52E-03$ t, equivalente a aproximadamente 13% da massa que entra no sistema.

4.3.5. Critérios de exclusão

O critério de corte é, muitas vezes esquecido ou mal abordado em estudos ACV mesmo tendo um papel facilitador da tomada de decisão sobre os processos a incluir ou a excluir dos limites do sistema, sem causar alterações significativas nos resultados ACV, agilizando o processo de recolha e tratamento de dados dependendo exclusivamente da contribuição do critério de corte e do limiar que se define em cada estudo.

Inicialmente e, de acordo com estudos mencionados na revisão da literatura e, tendo em consideração que a principal finalidade da utilização do critério de corte consiste em simplificar a decisão de omitir os processos sem alterações significativas para os resultados dos estudos, foi definido para o presente estudo a implementação de um critério de corte de 0,5% em termos de contribuição de massa.

Logo se verificou que as entradas e saídas de um sistema de produção de telha cerâmica dão lugar a um inventário pouco extenso e que a existência de um reduzido número de entradas e de dados acessíveis referentes a informações de processos de primeiro plano seria escassa, colocou de lado desde logo a aplicação deste critério durante ainda a fase inicial de compilação e registo do perfil de utilização ou inventário.

Após a recolha de dados e após a aprovação de utilização do *software* SimaPro como ferramenta de cálculo, definiu-se o critério de corte no mesmo nível de 0,5%, mas em função do nível de importância ambiental.

No final dos primeiros testes com o ICV completo, ao observar os valores obtidos para cada categoria de impacto ambiental e procedendo à análise das principais diferenças encontradas foi possível constatar que não seria viável aplicar uma vez mais o critério de corte, dada a alteração pouca significativa nos processos, cerca de 1,51E-8 %, logo todos os processos foram contabilizados e, por fim, não foram utilizados quaisquer critérios de exclusão.

A realização de análises de sensibilidade fundamentou a materialização de escolhas metodológicas apoiando a exclusão de fluxos complexos em função da adequação aos critérios de cumprimento dos requisitos da qualidade dos dados.

As etapas de utilização e fim de vida não são consideradas neste estudo, pelo que não há descrição do comportamento do sistema na perspectiva do utilizador – cenário de utilização, nem descrição da forma como o produto é devolvido à natureza sob a forma de resíduo ou de como entra no ciclo de vida de outro produto – cenário de fim de vida.

4.4. Cálculo dos resultados da avaliação de impacto da PAP

Após a compilação e registo do perfil de utilização de recursos e emissões é necessário proceder à análise do inventário resultante para obtenção de indicadores de ponto médio ou dano final, convertendo-se este, por fim, nos impactos ambientais de cada substância (EC, 2015c).

Na fase de avaliação do inventário de ciclo de vida numa ACV são determinadas as entradas e saídas de materiais/energia a imputar às categorias de impacto ambiental, neste caso, da pegada ambiental do produto em função do potencial de cada substância compreendida no sistema, sendo o cálculo da magnitude de uma destas contribuições agregada para cada categoria de impacto ambiental considerada (CE, 2013b).

Com este fundamento é necessário recorrer a um ou mais métodos de AICV que permitem facilitar a multiplicação linear dos dados de inventário fornecendo fatores de caracterização de impacto ambiental para cada uma das categorias de impacto ambiental selecionadas permitindo apresentar os impactos em unidades comuns para o indicador

definido no guia sobre a PAP (CE, 2013b).

Segundo a norma ISO 14044:2006 a caracterização envolve a conversão dos resultados do inventário de ciclo de vida em unidades comuns e a agregação dos resultados obtidos originando um indicador numérico para cada uma das categorias de impacto ambiental.

Cada modelo apresenta as suas próprias características e contém a documentação referente aos metadados e aos fatores de caracterização compreendidos, desde os fluxos elementares, suas propriedades, modelos de base para cada cálculo necessário, acessibilidade, bem como os conjuntos de dados de origem, isto é a bibliografia com a qual se encontram relacionados, sendo esta documentação distinta entre si, tal como existe uma imensa diversidade de métodos AICV.

Segundo as notas técnicas sobre a “Caraterização de factores das Recomendações *ILCD* de métodos de AICV no suporte de dados e informações” nem todos os métodos utilizados atualmente estão de acordo com os requisitos do *ILCD*, principalmente, no que se prende com a tipologia de dados que se procura na fase de recolha, o modelo em que se baseiam e os requisitos de qualidade aos quais devem obedecer e, ainda a forma como a sua comunicação e interpretação de resultados deve ser efetuada (EC, 2015c).

É relevante enfatizar novamente a importância da qualidade dos dados essencialmente no que se prende com o cumprimento dos requisitos de qualidade dos dados, por forma a garantir a aplicação do método de impacto com algumas garantias de fiabilidade dos resultados obtidos.

4.4.1. Procedimentos de avaliação de impacto

Os cálculos foram efetuados recorrendo ao método que resultou das Recomendações *ILCD* para avaliação de inventário de ciclo de vida no contexto europeu, por outras palavras, método *ILCD 2011 Midpoint +*.

Este método emerge das medidas definidas para a prossecução de objetivos estabelecidos na comunicação “Uma Agenda do Consumidor Europeu para incentivar a confiança e o crescimento”, sendo este método o resultado da análise efetuada a diversas metodologias, de forma a viabilizar a sua harmonização, ou seja, obter um método único que possibilita avaliar o desempenho ambiental dos produtos e das empresas ao longo do ciclo de vida (CE, 2012c), permitindo a quantificação de impactos ambientais dos fluxos de recursos, materiais/combustíveis, energia/calor e emissões para

o ar, água, solo e outras emissões resultantes da cadeia de aprovisionamento de um dado produto ou serviço.

O método de avaliação de impacto utiliza factores de caracterização em função das categorias de impacto ambiental recomendadas no guia sobre a PAP que acompanha a recomendação 2013/179/UE de 9 de abril de 2013 (CE, 2013b). As categorias e indicadores de impacto ambiental, bem como as respetivas unidades são referidas na tabela 1.

A fase de caracterização compreende assim a transformação dos parâmetros incluídos no inventário em função das bases de dados necessárias e do método utilizado - *ILCD Midpoint +*, excluindo as infra-estruturas avaliando os impactos resultantes para cada categoria de impacto ambiental em função das unidades definidas pelos indicadores recomendados para cada uma delas e, considerando as emissões a longo prazo (Pré Consultants B.V., 2015a). Por fim, e dado o âmbito do estudo em função das aplicações previstas não houve necessidade de efetuar cálculos de normalização e ponderação.

O guia sobre a PAP considera a normalização e ponderação como passos recomendado e facultativo, respetivamente, destituindo-os assim do seu carácter obrigatório nos estudos sobre a PAP, pelo que, estas fases não foram aplicados aos cálculos efetuados no presente estudo, esta questão é abordada de forma mais detalhada no seguimento do presente relatório. As informações disponíveis neste capítulo não devem ser utilizadas para divulgação ao público, portanto devem ser mencionadas somente dentro do âmbito do presente estudo e sempre que possível, tendo em consideração as suas limitações/restrições e recomendações.

4.4.2. Avaliação de impacto de ciclo de vida

4.4.2.1. Resultados absolutos

De seguida apresentam-se os resultados da avaliação de impacto da pegada ambiental do produto, nomeadamente, do tipo de telha cerâmica em estudo, evidenciando de que este se trata de um estudo '*cradle-to-gate*', ou seja, do berço à porta.

Salienta-se que o produto obtido é resultado de uma estimativa dos impactos resultantes da produção de telha e não de medições provenientes de avaliações específicas dos impactos reais contribuindo para a criação de uma tendência nos resultados que permitirá aferir o desempenho ambiental do produto em termos temporais possibilitando a comparação dos resultados a longo prazo em função das alterações e transformações

que poderão ocorrer na unidade de produção ao longo do tempo.

A tabela 6 mostra os resultados da avaliação de impacto do *software* SimaPro para as diferentes categorias de impacto ambiental em função do objetivo e do âmbito do estudo para os diferentes subsistemas ou módulos compreendidos na produção de telha.

Tabela 6 - Resultados do impacto ambiental da PA para cada um dos subsistemas de produção.

Categoria de impacto ambiental	Unidade	Extração e processamento de matérias-primas	Transporte	Produção de telha cerâmica	Embalagem	Manutenção	Total
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	1,77E-01	2,22E-02	5,95E+00	4,35E-01	1,57E-02	6,60E+00
Destruição da camada de ozono	kg CFC-11 eq	2,98E-08	3,06E-08	5,06E-07	1,38E-07	1,63E-08	7,20E-07
Toxicidade humana – efeitos cancerígenos	CTUh	2,00E-09	1,41E-10	6,43E-09	3,20E-08	3,78E-10	4,09E-08
Toxicidade humana – efeitos não cancerígenos	CTUh	6,53E-09	1,74E-09	7,85E-08	5,84E-08	1,27E-09	1,46E-07
Partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas	kg PM _{2,5} eq	1,87E-04	2,02E-05	1,28E-03	3,35E-04	6,69E-06	1,83E-03
Radiações ionizantes – efeitos na saúde humana	kg U ²³⁵ eq	1,77E-02	1,14E-02	5,13E-02	8,96E-02	3,79E-03	1,74E-01
Formação fotoquímica de ozono	kg NMVOC eq	1,96E-03	1,39E-04	1,17E-02	3,78E-03	1,35E-04	1,77E-02
Acidificação	mol H ⁺ eq	1,59E-03	2,67E-04	2,50E-02	2,96E-03	8,86E-05	2,99E-02
Eutrofização - terrestre	mol N eq	7,21E-03	2,90E-04	3,83E-02	7,67E-03	1,09E-04	5,36E-02
Eutrofização – aquática (água doce)	kg P eq	5,79E-06	1,41E-06	3,80E-05	9,96E-05	2,08E-06	1,47E-04
Eutrofização – aquática (água do mar)	kg N eq	6,76E-04	3,85E-05	3,51E-03	9,33E-04	2,62E-05	5,18E-03
Ecotoxicidade para a água doce	CTUe	1,18E-01	2,74E-02	5,59E-01	1,70E+00	2,74E-02	2,43E+00
Transformação do solo	kg deficit	6,42E+00	9,65E-04	5,61E-03	8,37E+00	9,94E-04	1,48E+01
Esgotamento dos recursos – água	m ³ água eq	1,40E-03	3,27E-05	2,27E-03	1,83E-03	3,34E-04	5,87E-03
Esgotamento dos recursos – minerais, fósseis	kg Sb eq	8,10E-07	2,99E-08	1,15E-06	2,70E-06	9,74E-08	4,79E-06

A partir da análise dos valores absolutos para os subsistemas ou módulos compreendidos na produção de telha, desde a extração e processamento de matérias-primas, ao transporte, produção de telha cerâmica, embalagem à manutenção apresentados na tabela 6, verifica-se que:

- O subsistema referente à produção de telha representa a fase mais significativa, isto é, com maior contribuição para o sistema em análise, seguindo-se o subsistema relativo à embalagem de telha. A manutenção corresponde ao subsistema com menor contribuição para os impactos ambientais do sistema no seu todo, ou seja, esta é a etapa menos relevante para o sistema estando a sua contribuição muito próxima do impacto associado ao módulo dos transportes, sendo o módulo de extração e processamento de matérias-primas um subsistema de contribuição intermédia em comparação com os restantes.
- As alterações climáticas, as radiações ionizantes – efeitos na saúde humana, a ecotoxicidade para a água doce e a transformação do solo são as categorias que dominam os impactos dos processos analisados e compreendidos em cada um dos módulos definidos no estudo. As maiores contribuições, em termos de valores absolutos, no módulo relativo à extração e processamento de matérias-primas reflete-se nas categorias: alterações climáticas, ecotoxicidade para a água doce e transformação do solo. Nos transportes evidenciam-se os impactos absolutos nas categorias: radiações ionizantes – efeitos na saúde humana e ecotoxicidade para a água doce.

A figura 7 apresenta as contribuições relativas de cada subsistema definido para o sistema de produção de telha cerâmica em estudo relativamente às categorias de impacto sob avaliação.

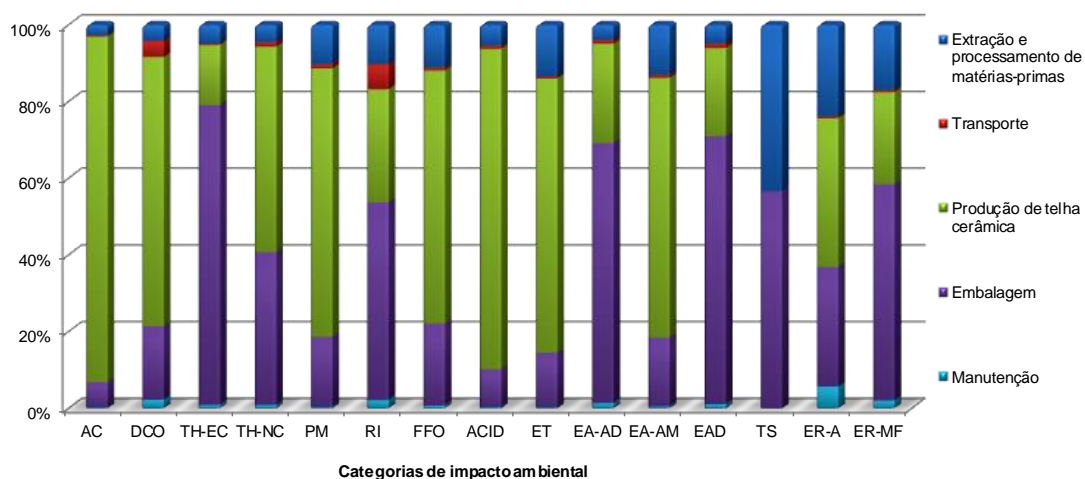


Figura 7 - Contribuições relativas de cada um dos subsistemas definidos.

A observação da figura 7 permite apurar o seguinte:

- O subsistema de produção de telha é o mais relevante para a maioria das categorias de impacto avaliadas no estudo, exceto: toxicidade humana – efeitos cancerígenos (TH-EC), onde a fase de embalagem representa 78% do impacto total; radiações ionizantes (RI), onde a fase de embalagem representa 52% do impacto total; eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD), onde a fase de embalagem representa 68% do impacto total; ecotoxicidade para a água doce (EAD), onde a fase de embalagem representa 70% do impacto total.
- A transformação do solo (TS), onde a fase de embalagem representa 57% do impacto total e ainda no que se relaciona com o esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), o módulo de embalagem da telha apresenta uma percentagem de 56% do impacto total. Ou seja, a fase relativa à embalagem de telha cerâmica constitui a segunda maior contribuição para os impactos decorrentes dos aspetos ambientais do sistema no seu todo.
- A extração e processamento de matérias-primas é o terceira maior contribuição para o sistema no seu todo, sendo a transformação do solo (TS), o esgotamento de recursos – água (ER-A) e esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF) os mais relevantes.
- O transporte é expressivo relativamente à destruição da camada de ozono (DCO) e às radiações ionizantes - efeitos na saúde humana (RI) apresentando frações de 4% e 7%, respetivamente.
- A manutenção destaca-se somente nas categorias relativas a: destruição da camada de ozono (DCO), radiações ionizantes – efeitos na saúde humana (RI), onde, principalmente, no esgotamento de recursos – água (ER-A) e, ainda no esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), em todas estas categorias a contribuição do subsistema é de somente 2%, salvo na categoria de esgotamento de recursos – água (ER-A), onde a contribuição chega aos 6% do impacto total.
- É de salientar que a categoria de impacto ambiental relativa à transformação do solo (TS) é a única categoria que segue uma ordem de contribuição um pouco distinta das restantes, apresentando uma contribuição superior por parte dos subsistemas de produção de embalagem e de extração e processamento de matérias-primas.

4.4.2.2. Resultados por módulos ou subsistemas

A figura 8 representa o potencial impacto ambiental do subsistema de extração e processamento de matérias-primas em termos de contribuição relativa.

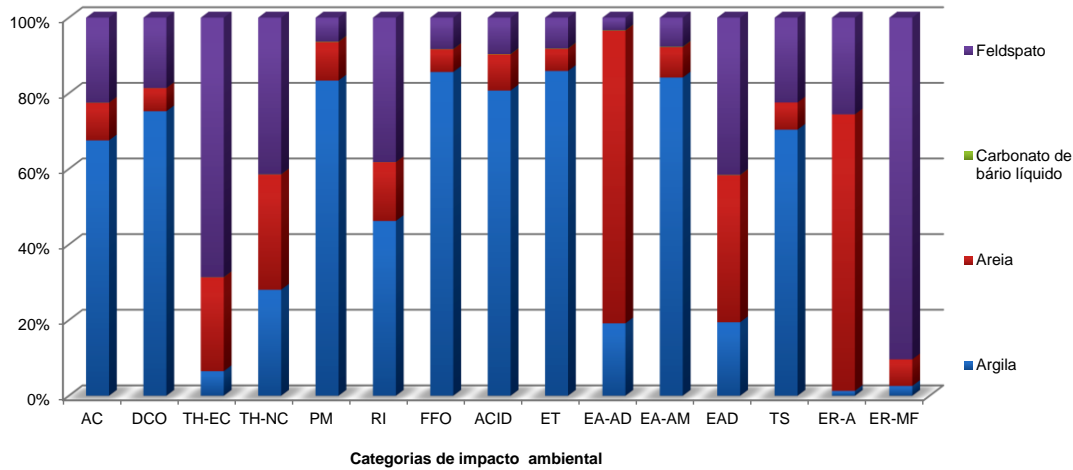


Figura 8 - Contribuições relativas na extração e processamento de matérias-primas.

A representação gráfica na figura 8 possibilita afirmar o seguinte:

- Relativamente à extração de matérias-primas o processo que compreende a extração e utilização de argila representa a maior contribuição em nove das categorias de impacto ambiental consideradas e representadas na figura 8, salvo para as seguintes categorias: toxicidade humana – efeitos cancerígenos (TH-EC) e toxicidade humana – efeitos não cancerígenos (TH-NC), onde o processo correspondente à utilização de feldspato domina com percentagens de 69% e 41%, respetivamente; eutrofização – aquática (água doce) (EA-AD), onde o processo relativo à extração e utilização de areia representa cerca de 77%; ecotoxicidade para a água doce (EAD), onde o processo referente ao feldspato apresenta cerca de 42% do impacto total; e esgotamento dos recursos – água (ER-A), onde o processo relativo à extração e utilização de areia representa cerca de 73% do impacto total e o esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), onde o processo relativo ao feldspato apresenta uma contribuição de 90% do impacto total.
- Os processos relativos à extração e utilização de areia e feldspato são praticamente equivalentes nas suas contribuições relativas, uma vez que a extração e utilização de feldspato apresenta impactos ligeiramente superiores para o impacto total deste módulo, considerando todas as categorias de impacto ambiental utilizadas no presente estudo.

- Enquanto o processo relativo ao processamento e utilização de carbonato de bário líquido se apresenta como o processo que menos contribui em todas as categorias de impacto ambiental, apresentando maior relevância nas seguintes categorias: partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas (PM), acidificação (ACID), eutrofização - terrestre (ET) e aquática (água doce e água do mar) (EA-AD;EA-AM), contudo estes valores são sempre inferiores a 0,20% do impacto total do subsistema.

No subsistema de transportes, agrupam-se os transportes relacionados diretamente com as matérias-primas consumidas, os materiais utilizados, resíduos produzidos e transportes efetuados dentro das instalações da unidade de produção. Este subsistema é claramente dominado pelos consumos dos transportes efetuados na unidade de produção com recurso a veículos e equipamentos de menores dimensões, o consumo de gasóleo internamente assume um valor superior a 99% dos potenciais impactos ambientais na totalidade das categorias consideradas. Pode ainda constatar-se que:

- Em segundo plano encontra-se a contribuição relacionada com o transporte de mercadorias efetuada com recurso a camiões de 16-32 t, ainda que com uma percentagem sempre inferior a 0,80% do impacto total.
- A toxicidade humana – efeitos não cancerígenos (TH-NC), a eutrofização - terrestre (ET) e a ecotoxicidade para a água doce (EAD) são responsáveis por mais de metade dos impactos causados apenas no âmbito deste processo, sendo a sua maior contribuição para a categoria respeitante à ecotoxicidade para a água doce (EAD) com uma percentagem de 0,78% do impacto total.
- O transporte recorrendo a carros comerciais mostra-se praticamente insignificante para todas as categorias de impacto ambiental, considerando a unidade de análise.

A figura 9 apresenta a contribuição relativa dos processos incluídos na fase de produção de telha cerâmica para o total do impacto de cada categoria de impacto ambiental avaliada no presente estudo.

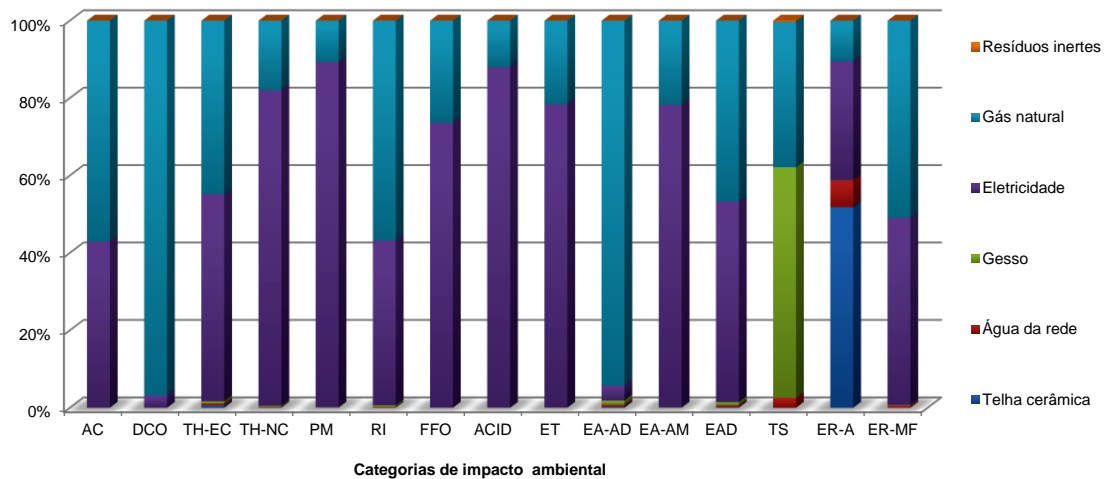


Figura 9 - Contribuições relativas no subsistema de fabrico de telha cerâmica.

Pode verificar-se pela análise da figura 9 que esta fase é dominada pelos processos relativos à energia elétrica e consumo de gás natural, pode afirmar-se ainda que:

- O uso de eletricidade é o processo preponderante neste subsistema, sendo o mais relevante para a maioria das categorias de impacto ambiental, exceto: alterações climáticas (AC), onde o processo relativo ao consumo de gás natural representa cerca de 57% do impacto total; destruição da camada de ozono (DCO), onde o processo relativo ao consumo de gás natural representa aproximadamente 97% do impacto total; radiações ionizantes (RI), no qual a extração e consumo de gás natural representa perto de 57% do impacto total; eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD), categoria de impacto ambiental dominada pela extração e consumo de gás natural que se traduz em 94% do impacto total.
- A transformação do solo (TS), onde o processo relativo à utilização de gesso na preparação dos moldes utilizados pelos equipamentos na moldagem da telha cerâmica representa cerca de 60% do impacto total, sendo o processo referente à extração e utilização de gás natural a segunda maior contribuição para o impacto total desta categoria; esgotamento de recursos – água (ER-A), aproximadamente 52% do impacto total é representado pela telha cerâmica e no qual o processo relativo à produção e uso de eletricidade representa cerca de 31%, por fim o

esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF) dominado pelo processo de extração e consumo de gás natural com aproximadamente 51% do impacto total. Reforçando, o processo concernente ao consumo de gás natural apresenta-se assim como a segunda maior contribuição relativamente ao subsistema dominando cinco das categorias compreendidas no presente estudo.

- Na generalidade, neste subsistema, os processos respeitantes à produção e uso de eletricidade, extração e consumo de gás natural e processamento e utilização de gesso correspondem aos três maiores processos contributivos, por ordem decrescente.
- Destacam-se, principalmente, as categorias de transformação do solo (TS) e esgotamento de recursos - água (ER-A) pela distinta distribuição dos impactos estimados em cada uma destas categorias em função dos processos considerados neste subsistema. A transformação do solo (TS) é a única categoria onde se destacam os processos relativos à água da rede, ao processamento e utilização gesso e ao tratamento de resíduos inertes. Relativamente ao esgotamento de recursos – água (ER-A), os processos relativos à produção de telha cerâmica e de utilização de água da rede dominam, evidenciando-se em relação aos restantes impactos.
- O tratamento de resíduos inertes apresenta apenas uma pequena fração na contribuição para os impactos na transformação do solo (TS), sendo praticamente insignificante para as restantes categorias de impacto ambiental.

A figura 10 representa as contribuições relativas do segundo subsistema que mais contribui para os impactos ambientais do sistema – a embalagem.

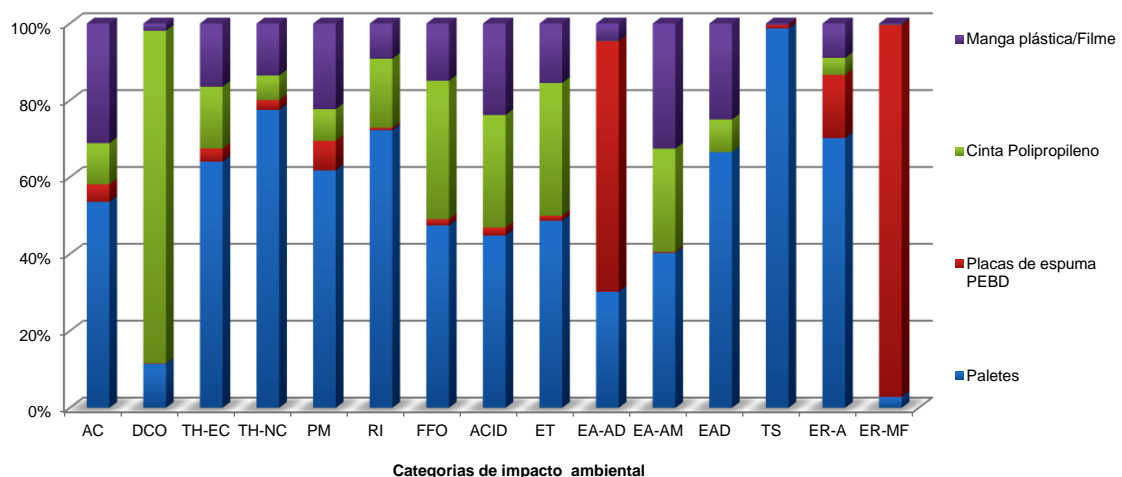


Figura 10 - Contribuições relativas no subsistema de embalagem.

A observação da figura 10 permite aferir o seguinte:

- O processo referente à produção e utilização de paletes é o que expõe uma maior fração em todas as categorias de impacto ambiental excluindo apenas as seguintes: destruição da camada de ozono (DCO), onde o principal contribuinte se trata do processo de produção e utilização de cinta em polipropileno com cerca de 87% do impacto total nesta categoria, eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD), onde a produção e utilização de placas de espuma em PEBD apresentam uma percentagem de aproximadamente 65% do impacto total e, por fim, esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), no qual o processo relativo à produção e utilização de placas de espuma PEBD apresentam o domínio praticamente total com uma significância de cerca de 97% do impacto total. A transformação do solo (TS) é dominada pelo processo relativo à produção e utilização de paletes com uma percentagem de aproximadamente 99% do impacto total.
- A segunda maior contribuição para os impactos totais do módulo de embalagem nas categorias de impacto compreendidas neste estudo corresponde ao processo de produção e utilização de cinta em polipropileno. Este apresenta uma maior importância para as seguintes categorias de impacto ambiental: a destruição da camada de ozono (DCO), a formação fotoquímica de ozono (FFO), a acidificação (ACID), a eutrofização - terrestre (ET) e a eutrofização - aquática (água do mar) (EA-AM), somente as categorias referidas são responsáveis por 75% do impacto ambiental deste processo.
- A produção e utilização de manga plástica/filme apresenta a terceira maior contribuição com destaque para as seguintes categorias: alterações climáticas (AC), partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas (PM), acidificação (ACID), eutrofização - aquática (água do mar) (EA-AM) e ecotoxicidade para a água doce (EAD).
- O processo relativo à produção e utilização de placas de espuma em polipropileno apesar de influenciar fortemente as categorias de eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD) e esgotamento dos recursos – minerais, fósseis (ER-MF) apresenta um menor interesse para a análise contributiva deste subsistema.
- As categorias relativas à destruição da camada de ozono (DCO), eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD), transformação do solo (TS) e esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF) são as únicas categorias de impacto ambiental com uma tendência bastante distinta das restantes.

A figura 11 apresenta as contribuições relativas do subsistema de manutenção de todos os equipamentos e estruturas necessárias à produção de telha cerâmica.

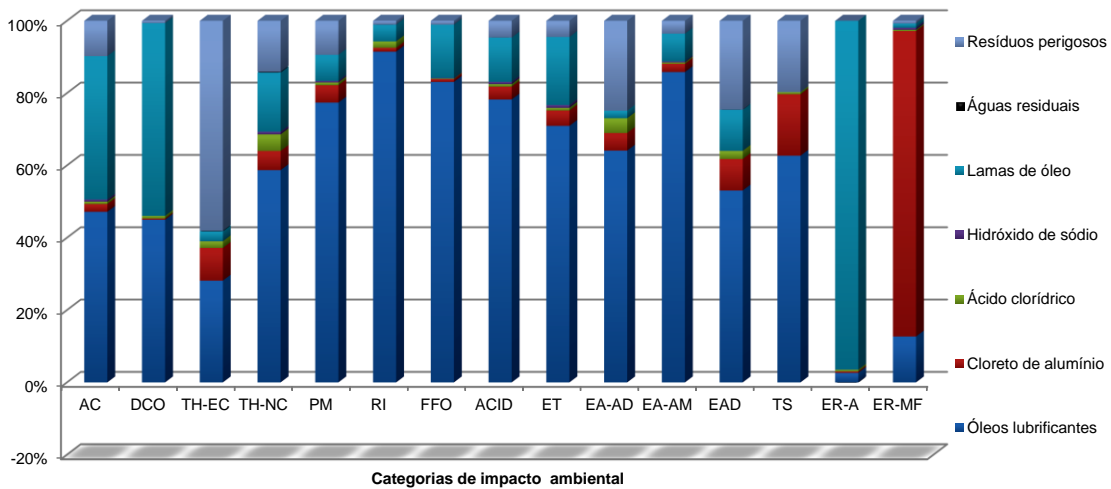


Figura 11 - Contribuições relativas no subsistema de manutenção.

A partir da observação da figura 11 é possível constatar o seguinte:

- O processo referente aos óleos lubrificantes é o processo dominante em termos de impactos no subsistema considerado, excetuando as categorias de: destruição da camada de ozono (DCO), onde o tratamento de lamas de óleo representa 53% do impacto total, toxicidade humana – efeitos cancerígenos (TH-EC) que apresenta uma influência de 58% por parte do processo relativo ao tratamento de resíduos perigosos, esgotamento de recursos – água (ER-A), onde o tratamento de lamas de óleo representa aproximadamente 97% do impacto total e, ainda esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), no qual o cloreto de alumínio detém um impacto de cerca de 85% do impacto total.
- O segundo processo mais influente é o processo relativo ao tratamento de lamas de óleo apresentando contribuições bastante elevadas na maioria das categorias compreendidas neste estudo, principalmente no que se prende com: as alterações climáticas (AC), a destruição da camada de ozono (DCO) e o esgotamento de recursos – água (ER-A), no que se relaciona com a transformação do solo (TS) a sua contribuição é nula, pois não existe ocupação nem transformação do solo para as atividades necessárias ao seu tratamento.
- O tratamento de resíduos perigosos apresenta-se como o terceiro processo mais influente neste módulo, nomeadamente, nas categorias de: toxicidade humana - efeitos cancerígenos (TH-EC), toxicidade humana - efeitos não cancerígenos (TH-NC), eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD), ecotoxicidade para a água doce (EAD) e transformação do solo (TS).

- O processo referente ao cloreto de alumínio apresenta uma maior percentagem para a categoria referente à transformação do solo (TS) e de esgotamento de recursos – minerais, fósseis (ER-MF), sendo esta contribuição de mais de 50% de todos os impactos relacionados com o processamento e utilização de cloreto de alumínio.
- O processo relativo à utilização de ácido clorídrico detém uma maior quota na categoria toxicidade humana – efeitos não cancerígenos (TH-NC), na eutrofização - aquática (água doce) (EA-AD) e na ecotoxicidade para a água doce (EAD).
- A utilização de hidróxido de sódio enquanto processo integrante deste módulo, apresenta impactos muito reduzidos para o impacto total estimado, na medida em que os seus maiores impactos incidem sobre a toxicidade humana – efeitos não cancerígenos (TH-NC) e eutrofização – terrestre (ET) com valores na ordem dos 0,80% do impacto total, pelo que se considera a utilização desta substância sensivelmente insignificante.
- O tratamento de águas residuais é o processo menos significativo para subsistema, contribuindo até de forma negativa para o impacto total, nomeadamente, no esgotamento de recursos – água (ER-A), pois através deste processo é possível reduzir o impacto, devido à poupança na utilização de água através da sua reutilização no pós-tratamento, por outro lado, o seu maior impacto verifica-se relativamente à toxicidade humana – efeitos não cancerígenos (TH-NC) com uma percentagem inferior a 0,20%.

4.4.2.3. Resultados por categoria de impacto ambiental

A utilização de eletricidade, o consumo de gás natural e a utilização de paletes correspondem aos fluxos com maiores contribuições para a maioria das categorias de impacto ambiental consideradas como pode observar-se nas figuras 12, 13 e 14.

Os processos compreendidos nas fases de fabrico e embalagem de telha cerâmica são os que apresentam um maior peso da AICV no âmbito do presente estudo.

Na figura 12 são apresentados os gráficos que reportam os valores obtidos para o processo global de produção de telha cerâmica, nomeadamente, para as categorias relativas a alterações climáticas, destruição da camada de ozono, toxicidade humana – efeitos cancerígenos, toxicidade humana – efeitos não cancerígenos e partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas.

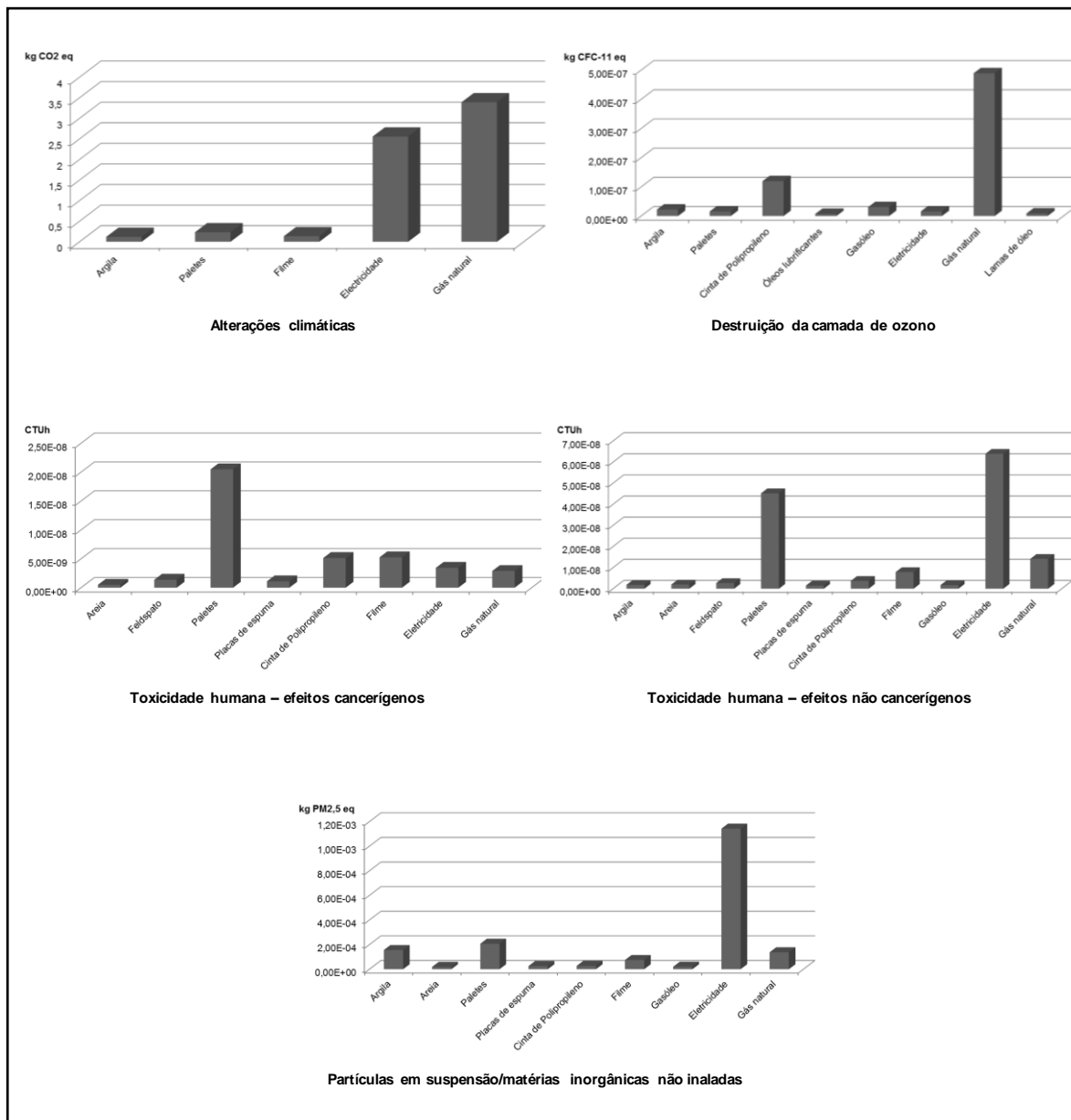


Figura 12 – Contribuição dos fluxos com maiores impactos nas categorias de AC, DCO, TH-EC TH-NC e PM.

Os resultados da figura 12 evidenciam que as fases de produção e de embalagem desempenham o papel principal em todas as categorias apresentadas.

- O aquecimento global é imputável, principalmente, ao processo de cozedura, secundariamente, ao processo de embalagem e, por último à preparação da pasta.

A contribuição mais significativa é do consumo de gás natural com uma contribuição de cerca de 51%, devido às emissões de GEE, essencialmente, dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), a partir da combustão do gás natural necessário ao aquecimento do forno durante o processo de cozedura. Aproximadamente 39% das contribuições devem-se à utilização de energia elétrica e das emissões associadas à sua produção. Enquanto, a utilização de paletes e de cinta em polipropileno contribuem num total de 5% devido às emissões de GEE a partir da sua produção e, por último, na preparação da pasta, em particular, com uma contribuição total de 3% com base na utilização de argila e feldspato como matérias-primas, o que se deve ao consumo de combustíveis fósseis nos equipamentos utilizados durante a sua extração, principalmente.

- A destruição da camada de ozono é afetada pela fase de cozedura em 68% devido à combustão de gás natural, pela utilização de cinta em polipropileno em cerca de 17%, devido às emissões associadas ao processo de polimerização, onde se dá a libertação de metano, etano, CFCs e hálons.

Pode-se verificar ainda que existem pequenas contribuições relacionadas com a utilização de argila e feldspato e das paletes na fase de embalagem, nomeadamente, ao nível dos combustíveis consumidos pelos equipamentos utilizados na extração de argila e de feldspato e dos tratamentos utilizados na madeira utilizada na produção de paletes, estas contribuições são de cerca de 4% e 2%, respetivamente. O processo relativo aos transportes, nomeadamente, o consumo de gasóleo dos equipamentos da unidade de produção, à semelhança dos processos de extração e processamento de matérias-primas, destaca-se com aproximadamente 4% do total das contribuições.

- A categoria toxicidade humana – efeitos cancerígenos é influenciada, sobretudo pelos processos de tratamento de resíduos associados à produção de paletes, com uma percentagem de 50% do potencial impacto, a cinta em polipropileno e o filme/manga plástica em 13% cada, secundariamente, a produção de eletricidade e gás natural influem esta categoria em cerca de 8% e 7%, respetivamente, e, por fim, a extração e processamento de feldspato com uma contribuição de 3%.
- Quanto à toxicidade humana – efeitos não cancerígenos, pode constatar-se que a produção de energia elétrica controla os potenciais impactos em cerca de 44% devido ao tratamento de resíduos, de seguida, a produção de paletes com uma contribuição 31%, influenciada não só pelo tratamento de resíduos, mas também pela produção de metais, particularmente, de ligas ferro-níquel. Além destes, também o processo relativo ao gás natural contribui em cerca de 10% com

significância para o tratamento de resíduos gerados durante a produção do forno e da extração, preparação e distribuição do gás natural.

- A maior contribuição para as partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas é o uso de eletricidade com aproximadamente 62% dos potenciais impactos, posteriormente as paletes com 11%. O processo relativo à utilização de argila é a terceira maior quota com 9% e o processo correspondente ao gás natural ronda os 8%. Nesta categoria os potenciais impactos devem-se à utilização de combustíveis fósseis e estão associados particularmente às emissões de partículas finas e NOx.

Os resultados da AICV para as categorias relativas a radiações ionizantes, formação fotoquímica de ozono, acidificação e eutrofização - terrestre e ecotoxicidade para a água doce são evidenciados nas representações gráficas da figura 13.

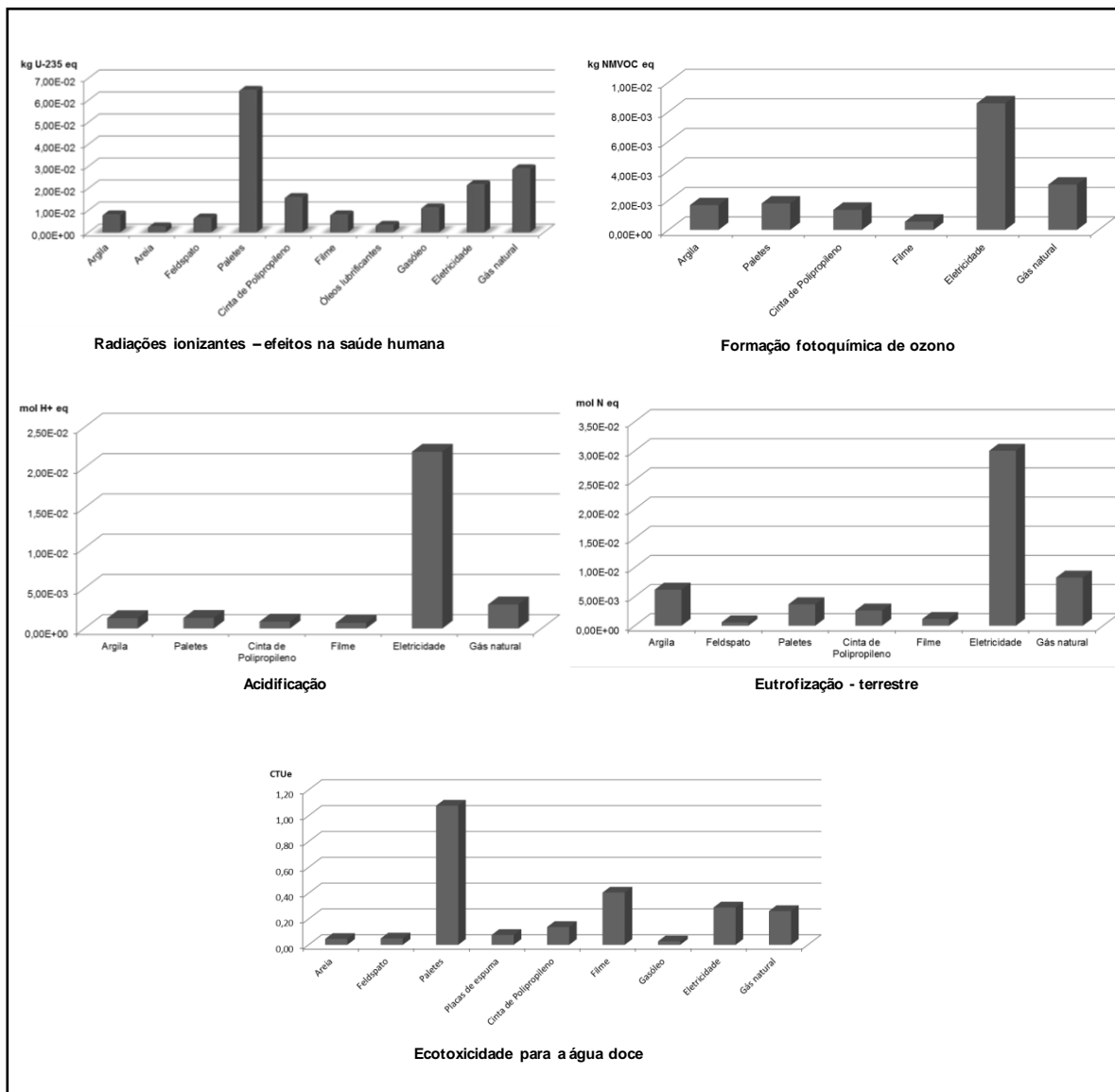


Figura 13 - Contribuição dos fluxos com maiores impactos nas categorias de RI, FFO, ACID, ET e EAD.

A partir da análise da figura 13 foi possível constatar, para cada uma das categorias o seguinte:

- As radiações ionizantes – efeitos na saúde humana apresentam uma distribuição mais heterogénea, com destaque para a utilização de paletes em 37%, o consumo de gás natural com cerca de 17%, a utilização de energia elétrica em 13% e a utilização de cinta em polipropileno com 9% das contribuições, o que se deve, essencialmente, ao recurso de elementos radioativos durante a fase de produção e à sua posterior rejeição sob a forma de resíduos.
- A formação fotoquímica de ozono deve-se principalmente à queima de combustíveis, através da qual se dá a libertação de óxidos de enxofre (SO_x), NO_x, CO e COVNM, o que acontece em diversas etapas dos diferentes processos, sendo estas emissões dominantes no processo referente à utilização de energia elétrica, com um peso de 49%, aproximadamente 17% da contribuição provém do processo relativo à produção do forno com recurso a gás natural e do respetivo funcionamento, as percentagens de 9% e 10% correspondem aos processos que incluem os equipamentos de extração de argila e de apoio à produção de paletes.
- A acidificação resulta da emissão de SO_x e NO_x nos processos de combustão, esta categoria é dominada pela fase de fabrico da telha, tendo como principais contribuintes a utilização de energia elétrica e de gás natural, nomeadamente, com 73% e 10% das contribuições nesta categoria fundamentadas nas fases de produção de cada um dos fluxos, e em pequenas contribuições dos processos referentes à utilização de argila como matéria-prima e à utilização de paletes, ambas com uma contribuição de 4%, em cada uma destas salienta-se, para além da combustão de diversos combustíveis fósseis para produção de energia, também o seu uso em equipamentos de apoio às respetivas unidades de produção e distribuição.
- A queima de combustíveis fósseis é a maior causa dos potenciais impactos ambientais na categoria de eutrofização – terrestre, devido, essencialmente, às emissões de NO_x, maioritariamente, através dos processos de utilização de eletricidade com uma contribuição na ordem dos 56%, o consumo de gás natural com cerca de 15% e a utilização de argila como matéria-prima aproximadamente 12% das contribuições, os processos relativos à fase de embalagem envolvendo a utilização de paletes, cinta de polipropileno e filme, encontra-se dividido em 7%, 5% e 2%, respetivamente.
- O tratamento dos resíduos resultantes dos processos de produção de materiais de embalagem e dos processos de produção e distribuição de energia é responsável

pelos potenciais impactos na ecotoxicidade para a água doce. Os processos relativos à utilização de paletes, placas de espuma, cinta em polipropileno e filme/manga plástica apresentam valores na ordem dos 44%, 3%, 6% e 17%, respetivamente. Novamente, o consumo de energia elétrica e gás natural tem uma contribuição relevante, cerca de 12% e 11% neste caso, devido à deposição e eliminação de resíduos da mineração de carvão, principalmente.

Por último, a figura 14 representa os resultados da AICV graficamente, para as categorias correspondentes: à eutrofização - aquática (água doce e água do mar); esgotamento de recursos, nomeadamente, água, minerais e fósseis e, ainda quanto à transformação do solo.

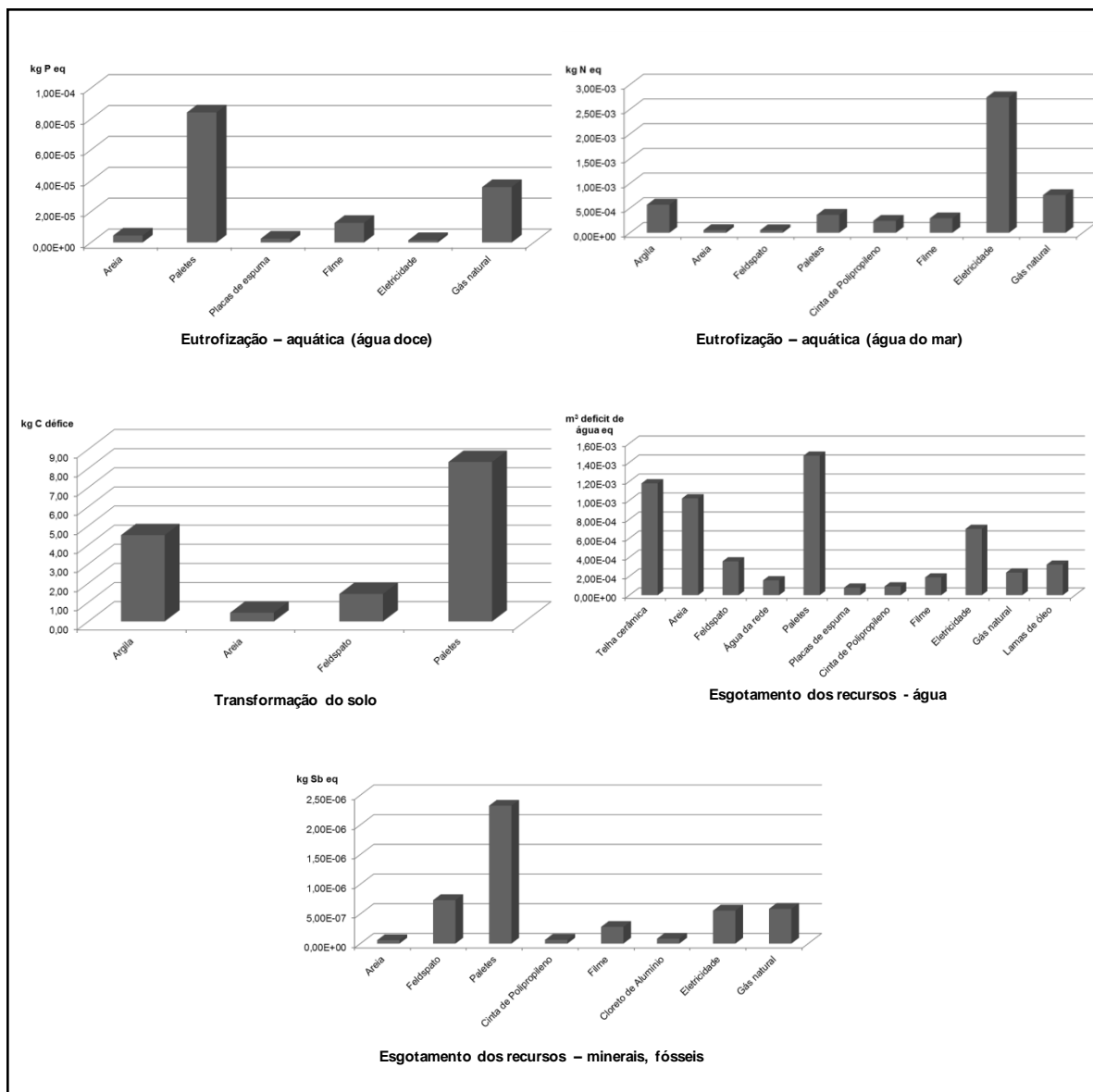


Figura 14 - Contribuição dos fluxos com maiores impactos em EA-AD, EA-AM, TS, ER-A e ER-MF.

A figura 14 ilustra assim as contribuições totais dos processos para as restantes categorias, constatando-se o seguinte:

- A eutrofização - aquática (água doce) deve-se, principalmente, ao tratamento e deposição de resíduos resultantes da combustão fóssil e releva-se, essencialmente, nos processos relativos à utilização de paletes em 57% e 24% relativamente ao consumo de gás natural e, ainda de forma menos relevante, na produção de polímeros no processo relativo à utilização de filme/manga plástica com 9% da contribuição nesta categoria.
- Por outro lado, a eutrofização - aquática em água do mar é controlada, maioritariamente, pela utilização de energia elétrica em cerca de 53%, 15% é a percentagem associada ao processo relativo à combustão de gás natural, a extração de argila é a terceira maior potência com aproximadamente 11% das contribuições totais. Os processos envolvidos na fase de embalagem destacam-se de novo com percentagens minoritárias.
- Quanto à transformação do solo a utilização de paletes compreende sensivelmente 56% dos potenciais impactos devido às alterações provocadas no solo pela desflorestação necessária à produção de madeiras e à extração de outras matérias-primas, os processos concernentes à utilização de argila e de feldspato como matérias-primas contribuem em cerca de 31% e 10%, manifestamente resultado do processo de extração destes recursos minerais, enquanto o processo relativo à utilização de areia se salienta de uma forma bastante discreta em comparação às restantes matérias-primas, devido à proporção de areia requerida no processo de produção da telha em estudo.
- O esgotamento de recursos, designadamente, o que envolve a utilização de água corresponde à única categoria na qual o processo de produção da telha cerâmica se destaca com 20% da contribuição, pois este é o único recurso natural de entrada sem qualquer tipo de transformação.

Contrariamente à maioria das categorias de impacto nesta a utilização de eletricidade e gás natural são subjugados para segundo plano, estando o processo relativo à utilização de areia como matéria-prima em foco com uma contribuição de aproximadamente 17%. A utilização de paletes, tal como em outras categorias, evidencia-se com cerca de 25% dos potenciais impactos.

Esta é a categoria com maior diversidade na distribuição dos processos compreendidos neste estudo, com visibilidade para os processos alusivos à utilização de feldspato e de água da rede com exíguas contribuições, é necessário enfatizar nesta categoria, principalmente, a contribuição negativa dos processos

que abrangem o tratamento de águas residuais, fundamentalmente, no processo de tratamento de águas associado ao processo de produção cerâmica. Esta é a única categoria de impacto onde o processo relativo ao tratamento de lamas de óleo se destaca claramente, o que se deve aos padrões de uso de água requeridos neste tratamento.

- O esgotamento de recursos minerais e fósseis é evidentemente superior nos processos relativos à utilização de paletes com aproximadamente 49% das contribuições desta categoria, os restantes materiais de embalagem apresentam percentagens diminutas, destaca-se a produção dos polímeros para o fabrico de filme/manga plástica.

No seguimento das constatações obtidas ao longo desta AICV, salientam-se os processos de uso de energia elétrica e de consumo de gás natural com cerca de 12% das contribuições cada. Esta categoria é a única que possui uma contribuição superior no que se refere ao processo de produção do cloreto de alumínio, em destaque encontra-se, ainda, o processo relativo à utilização de feldspato com 15% dos potenciais impactos que se devem manifestamente ao seu processo de extração.

4.4.3. Possibilidade de eventuais exclusões

No decorrer da aplicação da PAP ao caso de estudo não foram executadas quaisquer exclusões das categorias de impacto recomendadas no guia sobre a PAP por defeito. Não ocorreram desvios em relação aos métodos de avaliação da pegada, as categorias e os indicadores de impacto ambiental considerados na tabela 1, não foram adicionados quaisquer modelos de caracterização ou fatores de caracterização ao modelo proposto, permitindo abranger a totalidade das categorias de impacto recomendadas (CE, 2013b).

O método de cálculo utilizado é o método *ILCD Midpoint +*, tal como referido anteriormente, este abrange as categorias necessárias à realização do estudo sobre a PAP.

Os fatores de caracterização não são mencionados nem disponibilizados devido aos termos de utilização das bases de dados e do *software* SimaPro.

Neste estudo optou-se pela comunicação entre empresas (B2B) e da empresa ao consumidor (B2C) sem afirmações comparativas como aplicação prevista, com o objetivo de apoiar a gestão ambiental, tal como definido na definição de objetivos do estudo, acompanhando os requisitos a cumprir definidos para os estudos ao abrigo do guia sobre

a PAP em função das aplicações previstas.

O guia sobre a PAP explicita que posteriormente à classificação e caracterização, o estudo pode ser complementado com os passos de normalização e de ponderação, sendo estes recomendado e facultativo, respetivamente. Na medida em que a normalização permite analisar a contribuição relativa da unidade de análise para cada efeito existente, atribuindo uma magnitude aos resultados obtidos e a ponderação permite representar os impactos através da atribuição de pesos em analogia com as categorias de impacto ambiental consideradas, de forma, a permitir a aferição da importância ou relevância dos problemas ambientais causando originando um índice ambiental ilustrativo da performance ambiental do sistema em estudo, possibilitando a comparação entre produtos, segundo consta na norma ISO 14040:2006.

De acordo com a norma ISO 14044:2006 não existe uma forma cientificamente viável de reduzir os impactos ambientais apenas a um valor ou resultado global, pelo que os resultados decorrentes destes dois passos são divulgados, quando efetuados, a título de informação ambiental adicional, portanto apresentam-se como prescindíveis na óptica das aplicações previstas no presente estudo. Logo dada a ausência da sua obrigatoriedade, optou-se por não se recorrer quer à normalização, quer à ponderação, apesar destes aduzirem um carácter auxiliar no apoio à interpretação e comunicação dos resultados finais.

Não existe qualquer tipo de agrupamento relativamente às categorias de impacto ambiental avaliadas, as categorias foram utilizadas, na sua generalidade, para o cálculo sobre a PAP e mantidas individualmente relativamente às suas contribuições específicas.

Relativamente à análise dos resultados através de análises de sensibilidade ou análises de incerteza alusivas à utilização de categorias de impacto ambientais distintas das recomendadas no guia sobre a PAP ou informações ambientais adicionais com relevância para os resultados obtidos, constatou-se sob diversas pesquisas envolvendo a consulta de vários estudos e de artigos científicos resultantes de estudos desenvolvidos na temática de ACV que seria desnecessário proceder a quaisquer tipo de alterações.

Especificamente, existe uma enorme diversidade de categorias de impacto ambiental e indicadores, contudo nenhum dos resultados e conclusões obtidas nos estudos analisados em função dos dados de inventário mostraram acrescentar relevância aos resultados obtidos recorrendo às categorias e indicadores recomendados.

Para além de não existir nenhum processo em particular na produção de telha que exija adicionar outras categorias que não se relacionem com os indicadores das categorias referidas na tabela 1, apenas o ruído poderia ser uma situação excecional, mas, no ano de referência, os parâmetros alvo de medições encontram-se em cumprimento, tal como pode verificar-se pela análise das Informações ambientais adicionais e do Anexo V, logo verificou-se não se tratar de um indicador que representasse uma mais valia em relação às categorias recomendadas no Manual *ILCD*/Guia PAP.

As categorias referentes a aquecimento global, depleção da camada de ozono, oxidação fotoquímica, acidificação, eutrofização e uso de recursos renováveis, são categorias recomendadas no documento de apoio do CTCV (2009) por Almeida, Dias, Dias, & Arroja (2011) e em “Declarações Ambientais de Produto – Uma aplicação prática” da autoria de Almeida M. (2014) e , sendo estas compreendidas ao mesmo nível com uma diferenciação, no que se refere com o nível dos indicadores utilizados e com a extensão das categorias.

Por exemplo, a categoria referente à eutrofização, segundo as recomendações do Manual *ILCD* deve ser calculada através de 2 distinções, primeiramente, entre terrestre e aquática e, secundariamente, a eutrofização - aquática ainda se divide entre eutrofização da água doce e eutrofização da água do mar. Por conseguinte, considerou-se que as categorias e indicadores constantes na tabela 1 se apresentam com um formato mais abrangente e com maior diferenciação, tal como ilustra o exemplo dado, seguindo outros indicadores de qualidade comprovada por outros investigadores, permitindo alcançar uma qualidade superior relativamente aos resultados obtidos.

Em suma, não se seguiram outros pressupostos quanto a possíveis adições ou exclusões do especificado no presente estudo sobre a PA, tendo em conta a telha cerâmica como produto, perseguiu-se apenas cumprir os objetivos definidos no guia sobre a PAP e manter o estudo baseado apenas nas categorias e nos indicadores recomendados nos mesmos (CE, 2013b).

4.4.4. Informações ambientais adicionais

Neste espaço serão abordadas outras informações ambientais com impactos ambientais relevantes para a categoria de produtos estudada, estas informações de alguma forma mesmo não entrando diretamente no ICV, proporcionaram um maior conhecimento que permitiu apoiar o processo de desenvolvimento do estudo da PAP e, de acordo com o guia PAP os aspetos ambientais relevantes relacionados com o estudo devem ser

documentados na sua totalidade através de informações ambientais adicionais.

O ruído e as emissões para o ar são, desta forma, considerados parte integrante dos aspetos ambientais adicionais.

4.4.4.1. Ruído

As determinações do nível sonoro médio de longa duração e critério de incomodidade são parte das informações ambientais adicionais. Neste tipo de avaliação é efetuada uma avaliação do ruído particular proveniente das instalações da UM, para o período diurno, entardecer e noturno, tendo em consideração que a unidade de produção funciona em ciclo contínuo e as medições são efetuadas em condições normais de funcionamento em pontos distintos definidos pela UM em conjunto com a entidade acreditada que procede às determinações. Enquanto o ruído residual é medido quando a unidade de produção não se encontra em funcionamento, mas perante as mesmas condições e segundo os mesmos pontos definidos para as medições do ruído ambiente.

As avaliações do ruído são realizadas de acordo com o Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro, que aprova o Regulamento Geral do Ruído (RGR), baseado nos princípios de prevenção do ruído e de controlo da poluição sonora visando salvaguardar a saúde humana e o bem-estar das populações.

Os valores de exposição obtidos para cada parâmetro nos pontos definidos encontram-se no Anexo V do presente relatório.

Os resultados obtidos evidenciam, o cumprimento dos valores legais do indicador diurno-entardecer-noturno (*Lden*) e Indicador noturno (*Ln*) respetivamente, comparando os valores medidos com o Art. 11º do Decreto-Lei n.º 9/2007 e, ainda, o cumprimento do critério de incomodidade relativamente aos requisitos legais descritos no Art. 13º do Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro.

Em síntese, o ruído não constitui um parâmetro ambiental preocupante relativamente à sua influência no bem-estar da saúde humana e das populações dadas as constatações relativas às medições efetuadas junto das instalações da unidade de produção, motivo pelo qual este não foi adicionado aos indicadores abrangidos pelas categorias de impacto ambiental analisadas no caso de estudo.

4.4.4.2. Emissões para o ar

No caso das emissões para a atmosfera a empresa é responsável por proceder à

caraterização de efluentes gasosos recorrendo a uma entidade externa acreditada.

As medições efetuadas determinam as emissões dos poluentes designados como relevantes e respetivos caudais mássicos emitidos, fixados nos termos da Portaria n.º 286/93 de 12 de março, que fixa os valores limites e os valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e CO, o valor limite para o chumbo e os valores guias para o ozono; da Portaria n.º 675/09 de 23 de junho, que fixa os valores limite de emissão de aplicação geral (VLE gerais) aplicáveis às instalações abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 78/2004, de 3 de abril; e da Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro, que fixa os limiares mássicos máximos e mínimos de poluentes atmosféricos.

Os diplomas legais referidos são parte da regulamentação designada pelo Decreto-Lei n.º 78/2004, de 3 de abril, onde é estabelecido o regime legal relativo à prevenção e controlo das emissões atmosféricas fixando os princípios, objectivos e instrumentos apropriados à garantia de proteção do recurso natural ar, bem como as medidas, procedimentos e obrigações dos operadores das instalações abrangidas, com vista a evitar ou reduzir a níveis aceitáveis a poluição atmosférica originada nessas mesmas instalações.

O tipo de regime definido em cada instalação baseia-se no caudal mássico de emissão, caso este seja inferior ou superior ao seu limiar mássico máximo, posteriormente, existem diversas opções para o regime pontual, desde a possibilidade de monitorizar de forma pontual um determinado poluente e em regime contínuo outro(s) poluente(s) e vice-versa. A unidade de produção base do presente estudo obedece a um regime de monitorização pontual.

A periodicidade de monitorização pontual é definida em função das características das fontes em questão, nomeadamente, as concentrações e os caudais mássicos emitidos, tratando-se este de um caso no qual estas obedecem a um plano definido no início de 2013, de acordo com a legislação quando o caudal mássico está entre o mínimo e o máximo deve ser efetuada uma monitorização semestral se estiver abaixo do mínimo deverá ser trienal, portanto a monitorização depende do resultado das medições. As medições realizadas no ano de referência para as fontes fixas analisam os seguintes parâmetros: as partículas, os fluoretos, os compostos orgânicos, os óxidos de azoto, monóxido de carbono e cloretos, segundo o plano definido para a caraterização de efluentes emitidos pela unidade de produção.

Os resultados das medições e respetivos VLE são apresentados no Anexo VI do presente relatório.

Tendo em conta os limites definidos na Portaria n.º 675/09 de 23 de junho e Portaria n.º 286/93 de 12 de março, verifica-se que os parâmetros analisados se encontram abaixo do valor limite quer para as análises efetuadas durante o ano de referência.

Relativamente aos limiares dos caudais mássicos, definidos na Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro, verifica-se que na amostragem efetuada a 12 de junho de 2013 os parâmetros analisados se encontram abaixo do limiar mássico mínimo e na amostragem efetuada a 7 de novembro de 2013 verifica-se que o parâmetro relativo aos fluoretos se encontra acima do limiar mássico.

Na medição de 27 de dezembro de 2011, tendo em conta os limites definidos na Portaria n.º 286/93 de 12 de março e na Portaria n.º 675/09 de 23 de junho, verifica-se que os parâmetros analisados se encontram abaixo do valor limite e os valores limite dos caudais mássicos, definidos na Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro, no que respeita o parâmetro partículas se encontra acima do limiar mássico mínimo.

Nas medições realizadas em 2013 verifica-se uma discrepância entre os valores de emissões de fluoretos, numa das quais o valor se aproxima do VLE, dado que nas restantes caracterizações este parâmetro não foi considerado, devem ser consultados os registos anteriores para determinar o motivo da discordância entre estes valores e qual o que se aproxima de facto da realidade.

Na última medição de 2013 verifica-se que a concentração de partículas é de cerca de metade do valor registado nas restantes, deve constatar-se se houve alterações nos ciclos de cozedura ou dos materiais utilizados nesta fase de produção e, ainda as possibilidades de erros associados a estas medições.

Emissões de CO, NOx e cloretos não são comparáveis neste estudo devido à ausência de caracterizações adicionais destes parâmetros ao abrigo do plano de medições adotado no ano de referência.

Os diplomas legais referidos anteriormente dizem respeito ao cumprimento de critérios e parâmetros em vigor à data do ano de referência do presente estudo, no ano 2013, mantendo-se em vigor até ao final de 2015 sem quaisquer alterações.

Verifica-se através das medições que permitem a caracterização do efluente gasoso que a análise deveria ser mais exaustiva abrangendo uma maior diversidade de poluentes analisados e tendo uma periodicidade de amostragem maior, em função do combustível utilizado na cozedura e dos resultados apresentados medição após medição.

4.4.4.3. Armazenagem temporária de carbono e emissões adiadas

A contabilização da armazenagem temporária (de carbono) compreende a armazenagem temporária de carbono na contribuição de um produto para reduzir as emissões de GEE ou quando este apresenta contribuições negativas ao longo do seu ciclo de vida, removendo e armazenando carbono durante um determinado período de tempo, enquanto as emissões adiadas são o conjunto de emissões libertadas ao longo do tempo pelo produto, ou seja, que podem ser libertadas de forma continuada ao longo da sua utilização ou ao longo do seu fim de vida ou eliminação final (CE, 2013b).

Estas são informações que devem ser referidas nos estudos sobre a PAP sempre que sejam aplicáveis e se considerem relevantes, neste caso não foram efetuados quaisquer cálculos relativos à contabilização da armazenagem temporária (de carbono) e das emissões adiadas.

4.5. *Interpretação dos resultados da PAP*

4.5.1. Avaliação da qualidade dos dados

A avaliação da qualidade dos dados nos estudos sobre a PAP segue os seguintes critérios (CE, 2013b):

- Representatividade tecnológica (TeR);
- Representatividade geográfica (GR);
- Representatividade temporal (TiR);
- Exaustividade (C);
- Adequação metodológica e coerência (M);
- Precisão/Incerteza (P).

A partir da avaliação destes parâmetros resultam os níveis associados de qualidade dos dados definidos transversalmente à satisfação dos critérios do nível alcançado, isto é, muito bom, bom, razoável, insuficiente e muito insuficiente, sendo necessário melhorar em prol da classificação de qualidade obtida que se traduz, igualmente, em cinco patamares de classificação, desde excelente até insuficiente.

O nível e a classificação associada são obtidos através da introdução da classificação de qualidade correspondente a cada componente/critério, de acordo com a fórmula de *data quality rating* (DQR) - determinação da qualidade dos dados, explícita na equação 1 (CE, 2013b).

$$DQR = \frac{TeR + GR + TiR + C + P + M}{6}$$

Equação 1 – Descreve os critérios da avaliação da qualidade de dados (CE, 2013b).

A partir do somatório dos valores atribuídos em função do nível de cumprimento de cada um dos critérios definidos e da sua divisão pelo número total de critérios (seis) é possível obter a DQR de um fluxo/processo, como pode denotar-se pela análise da equação 1.

O nível de qualidade global dos dados de acordo com os critérios da avaliação semiquantitativa realizada e a classificação da qualidade de dados alcançada descreve-se de acordo com os intervalos que contêm os valores obtidos e correspondentes níveis de qualidade disponíveis na tabela 7.

Tabela 7 - Nível de qualidade dos dados segundo a classificação alcançada (CE, 2013b).

DQR	Nível de qualidade global dos dados
≤1,6	Qualidade excelente
1,6 – 2,0	Qualidade muito boa
2,0 – 3,0	Qualidade boa
3,0 – 4,0	Qualidade razoável
>4,0	Qualidade insuficiente

Os requisitos referentes aos critérios referidos devem ser cumpridos de acordo com o Guia PAP, sempre que as aplicações previstas no estudo, de acordo com o objetivo do mesmo, determinem a sua comunicação externa (B2B e B2C).

Durante a triagem foi possível apurar o cumprimento da classificação mínima de qualidade dos dados - qualidade razoável, relativamente aos dados com uma contribuição de aproximadamente 90% nos impactos ambientais, como se apresenta no Anexo VII.

Os dados relativos a processos representantes de, pelo menos, 70% das contribuições para cada uma das categorias da PA deve atingir o nível de qualidade intermédio, isto é, boa qualidade global e, ainda, os dados com uma classificação inferior à classificação

mínima não devem ter uma representação de mais de 10% das contribuições de impacto ambiental da PA.

O critério de qualidade relativo à adequação e coerência metodológica segue excepcionalmente a tabela 7, estudos a partir de 2016 deverão cumprir na totalidade a coerência e conformidade com o Guia PAP, tendo sido realizado o presente estudo entre 2013 e 2015, este critério encontra-se classificado ainda segundo o regime de exceção previsto inicialmente pelo guia PAP, logo segue os parâmetros definidos na tabela 7.

No Anexo VII é apresentado a avaliação semiquantitativa da qualidade de dados realizada para as séries de dados compreendidas na compilação e registo do perfil de utilização dos recursos e emissões, de acordo com os critérios de avaliação de qualidade de dados exigidos e com os exemplos facultados no Guia PAP. O exemplo utilizado como auxiliar de avaliação dos dados deste estudo é apresentado no Apêndice I do presente relatório.

Esta avaliação permite aferir a capacidade dos dados em satisfazer os requisitos estabelecidos em função dos aspetos considerados expressando-se através de um dos níveis de classificação, segundo o Guia PAP dois conjuntos de dados podem ter uma classificação de nível inferior correspondente a «razoável» ou apenas um for de nível correspondente a «insuficiente». Assim, neste caso, especificamente, apenas um dos conjuntos de dados tem a classificação de «razoável», o que permite constatar que os dados no conjunto definido no presente estudo têm uma classe de qualidade «boa» ou classificação geral dos dados de boa qualidade.

4.5.2. Avaliação da solidez do método PAP

4.5.2.1. Controlos de exaustividade

O controlo de exaustividade foi efetuado através da realização da avaliação da qualidade dos processos considerados no que concerne aos objetivos, âmbito, limites do sistema e critérios de qualidade definidos para as entradas/saídas em cada fase do ciclo de vida considerado, a classificação definida para o parâmetro de exaustividade apresenta-se no Anexo VII.

Pode constatar-se que no fluxo complexo relativo à utilização de água da rede, assumem-se pressupostos que não conferem uma boa exaustividade tal como se pode verificar na descrição na tabela 4. A definição pouco clara quanto ao nível tecnológico e

às estimativas associadas à produção de água potável contribuem também, de certa forma, para que esta se mantenha num nível razoável.

O fluxo relativo às paletes define-se como um caso de exaustividade razoável devido às limitações quanto ao ciclo de vida, tendo por base uma análise do 'berço à porta', tal como apresentado na tabela 4.

O fluxo correspondente à utilização do ácido clorídrico contempla dois fluxos primários respeitantes à produção deste. Nomeadamente, no fluxo correspondente ao processo de produção de ácido clorídrico pelo processo de Mannheim com um peso de 50% do fluxo principal, as necessidades energéticas e as infraestruturas de produção são apenas estimadas por aproximação e os resíduos sólidos são omissos na sua totalidade o que contribui para a diminuição da exaustividade ainda que o fluxo complementar tenha uma exaustividade bastante superior.

A produção de gesso é abordada através de uma análise 'porta à porta' do fluxo com exclusão de emissões de processos diretos, tanto para o ar, como para a água, tal como foi descrito na tabela 4, o que não contribui para a melhoria da exaustividade subjacente a este processo.

A utilização de gasóleo é associada a uma exaustividade razoável devido à falta de medições ou estimativas das emissões para a água, solo e resíduos sólidos relativamente aos vários fluxos compreendidos no mesmo, o que associado à sua cadeia de produção representa uma ausência considerável para um processo tão detalhado quanto a produção de gasóleo, um dos fluxos constituintes.

O tratamento de resíduos inertes apresenta um grau de exaustividade razoável, não só porque praticamente se baseia em fontes da literatura com adaptação para o tipo de resíduos em causa, mas também porque não integra quaisquer emissões diretas em aterro, inclui o fim-de-vida nos limites do sistema, mas apenas compreende critérios básicos relativos à energia necessária e ao uso do solo, portanto é um fluxo que não se apresenta de uma forma muito completa.

Para além dos processos com exaustividade inferior a uma boa classificação, o cloreto de alumínio apresenta-se como um processo demasiado abrangente por se ter integrado num fluxo geral de produção de substâncias químicas inorgânicas, na ausência de um mais adequado.

Os materiais utilizados no sistema transportador das diferentes linhas, para os fornos e para as estufas, denominadas, gazetes, não foram incluídas como fluxo no caso de estudo, pois não existiam quaisquer entradas destes materiais no ano de referência devido, essencialmente, à sua elevada durabilidade. Para além da inexistência de dados de entrada sobre este fluxo, nenhum dos fluxos utilizados na caracterização dos processos compreendia o processo inerente ao seu processamento ou o fluxo como sistema de transporte interno em instalações cerâmicas, esta constitui assim uma limitação à cobertura total dos fluxos a incluir nos limites do sistema considerado.

4.5.2.2. Controlo da sensibilidade

Este controlo é bastante relevante, principalmente, no que concerne às possibilidades de exclusões, permitindo a sua fundamentação nos resultados de análises de sensibilidade. Segundo a norma ISO 14044:2006, as análises de sensibilidade consistem num "procedimento para determinar como as mudanças nos dados e escolhas metodológicas podem afetar os resultados do AICV".

As análises de sensibilidade realizaram-se em ordem a conseguir avaliar a influência do significado dos processos relativos: à utilização de paletes na indústria cerâmica dada a elevada quantidade de paletes utilizada e os seus elevados potenciais de impacto relativos à segunda maior fase de contribuição – embalagem; aos transportes efetuados em função da norma europeia a que obedeciam os veículos pesados utilizados no transportes de mercadorias, dada a ausência de informação quanto a este parâmetro por parte dos fornecedores e, ainda quanto ao tipo de processo que melhor representa a cozedura de telha em função do tipo de forno utilizado e com recurso ao gás natural como combustível.

- **Fluxo relativo à utilização de paletes**

Começando pela análise do processo relativo à utilização de paletes, é possível apurar através da comparação do valor unitário utilizado com os valores mínimos e máximos dados pelo CTCV (2009), como já se haveria verificado, que a utilização de paletes na organização em estudo ultrapassaria os limites definidos, pelo que tendo em conta os valores médios da amostragem das organizações que integraram o estudo do CTCV averiguou-se, portanto, que a organização utiliza um maior número de paletes em função da carga de telha transportada em relação à amostra do estudo base.

Por outro lado, inicialmente, foram testados diferentes processos representativos do processo de produção e utilização de paletes, sendo a primeira escolha “*EUR-flat pallet {RER} | production | Alloc Def, U*” e a segunda considerando o processo denominado “*EUR-flat pallet/RER U*”.

O processo escolhido inicialmente para representar o processo relativo à utilização de paletes teria impactos dominantes no sistema e dada a imprescindibilidade do processo de embalagem na fabricação de telha, verificou-se a necessidade de efetuar uma análise de sensibilidade entre ambos em função das suas características e em função dos resultados obtidos recorrendo ao *software* SimaPro, como se expõe no Anexo VIII.

Como se pode analisar na tabela ilustrativa das opções quanto aos fluxos relativos à utilização de paletes no Anexo VIII, os potenciais impactos obtidos para a segunda opção mostram-se superiores na maioria das categorias, exceto para a eutrofização - aquática em águas doces, o que pode ou não traduzir-se em menores margens para erros, por outro lado, segundo a análise efetuada baseada na descrição de ambos os processos e, dado o nível de qualidade dos dados, em termos de representatividade temporal, a exaustividade e a adequação metodológica em conformidade com o guia PAP, constatou-se que a segunda opção se mostraria como a melhor alternativa em termos de classificação de qualidade.

Pelo que a segunda opção se mostrou a alternativa mais atual e mais segura na escolha do processo representativo da utilização de paletes, para além desta apresentar maiores impactos o que é preferível ao invés de menosprezar os seus potenciais impactos.

- **Fluxo relativo aos transportes pesados de mercadorias**

No caso dos transportes, por não existir uma informação clara da parte dos fornecedores quanto aos veículos pesados de mercadorias utilizados no transporte de matérias-primas e outros materiais, especificamente, no que se prende com a classe da norma europeia que cumprem, isto é, de acordo com as emissões dos veículos utilizados, em conformidade com as normas de segurança para veículos EURO 3, EURO 4, EURO 5 e EURO 6, então foram realizados os cálculos considerando as diferentes opções, como se pode verificar no Anexo VIII.

Na ausência de um processo envolvendo camiões com um tamanho entre 16 e 32 t e classe EURO 4, testou-se com tamanho superior e claramente este não se encontra dentro do esperado segundo as normas europeias. Desde a EURO 3 até, presentemente,

à EURO 6 espera-se uma redução das emissões de poluentes, o que não ocorre, como pode verificar-se pela análise do Anexo VIII na tabela relativa às opções dos transportes.

O processo relativo aos transportes de mercadorias recorrendo a camiões com um tamanho superior a 32 t e classe EURO 4 foi assim desconsiderado, porque obviamente não apresenta consistência com os resultados expectáveis, pode atestar-se também que as restantes seguem o padrão expectável e que as diferenças nos potenciais impactos ambientais nas categorias de impacto ambiental consideradas não é significativo, portanto dada a falta de informações atestando o tempo de vida dos veículos utilizados nos transportes pesados de mercadorias reconhece-se que a alternativa respeitante às normas de emissão EURO 3 seria a mais adequada.

A diretiva EURO 3 abrange os veículos fabricados depois de Outubro de 2000, segundo a Diretiva 98/69/CE, o que se traduz numa frota com um uso considerável, não sendo os veículos tão antigos quanto os que são contemplados na diretiva EURO 1 ou EURO 2, nem tão recente quanto se contempla na EURO 5 e EURO 6, ou seja, considerando frotas com uma idade média de aproximadamente 15 anos.

- **Fluxo relativo à utilização de forno em túnel com gás natural como combustível**

No caso das emissões atmosféricas reconheceu-se que existiria a necessidade de utilização de dados genéricos mais adequados à situação real comparativamente aos dados correspondentes às medições efetuadas nas instalações, devido à caracterização dos efluentes gasosos emitidos nas fontes fixas vinculadas à linha de produção em estudo, à especificidade dos parâmetros analisados e à frequência dos ensaios foram utilizados dados da base de dados *Ecoinvent*.

Neste sentido, procedeu-se à identificação dos processos considerados mais ajustados às tecnologias de combustão de gás natural na produção de telha cerâmica, com esse desígnio foi realizada uma análise de sensibilidade para dois processos constantes em bases de dados diferentes.

A primeira opção consiste num fluxo mais desenvolvido e mais completo, contudo mais desatualizado, onde as perdas de gás natural são consideradas, não obstante considerou-se que a segunda opção seria mais ajustada devido à falta de informação específica sobre a forma como as emissões foram incluídas no processo relativo à primeira alternativa, isto é, se estas foram medidas diretamente em condições

controladas ou estimadas de acordo com fontes da literatura relevantes.

A segunda opção mostrou-se, desta forma, o processo com maior integridade e precisão de informação, sendo a opção mais adequada e representativa do processo cozedura através da queima de gás natural.

As incertezas associadas à escolha dos processos são decorrentes de escolhas metodológicas como se trata de casos como: os limites do sistema, os métodos de avaliação de impacto e outros pressupostos, necessitando de apoiar ou fundamentar-se em análises de incerteza ou sensibilidade das escolhas efetuadas ao longo de estudos com base na metodologia ACV, como as descritas anteriormente e de acordo com o desenvolvimento do presente estudo.

4.5.2.3. Controlo da coerência

O controlo de coerência e de adequação aplicado ao caso de estudo avalia os pressupostos, métodos e considerações em matéria de qualidade dos dados e representa-se pelo critério de adequação metodológica conformidade e coerência no Anexo VII.

Pelo que se pode observar a maioria dos processos classifica-se como razoável quanto a este critério o que se fundamenta pela abordagem baseada no processo de atribuição E com o cumprimento de dois dos três requisitos metodológicos do guia PAP, na maioria dos casos, por ausência de modelização de fim-de-vida, sendo uma reduzida parte devido ao incumprimento dos limites do sistema ou tratamento de multifuncionalidade.

4.5.3. Identificação de pontos críticos

Na identificação de pontos críticos são apresentados, em suma, os resultados da análise da cadeia de aprovisionamento, com o intuito de auxiliar a identificação de opções de melhoria do sistema.

A fase de fabrico é a fase mais relevante na produção de telha cerâmica para a maioria das categorias de impacto ambiental, tendo em conta os indicadores estudados para cada uma das categorias avaliadas.

Os potenciais impactos estão na sua maioria relacionados com os consumos energéticos significativos e com as emissões que lhes estão associadas, com base nos fluxos de eletricidade e de gás natural, especificamente, no processo de cozedura.

Ambos os fluxos são apontados como significativos, em inúmeros estudos desenvolvidos no sector da indústria cerâmica, o que, por um lado significa que estes já se encontram identificados amplamente como processos preponderantes relativamente aos aspetos ambientais sobre os quais produzem efeitos negativos e, por outro lado, significa que as preocupações com a sustentabilidade destes processos têm aumentado nos últimos anos.

Com o aumento de estudos neste campo de pesquisa foi possível determinar alternativas, prosseguir estudos relativamente à redução dos consumos e identificar técnicas que permitam a redução ou substituição por outros recursos ambientalmente mais responsáveis.

A fase de embalagem é a segunda com maiores contribuições devido à elevada utilização de recursos naturais não renováveis, em alguns dos fluxos, principalmente, o processamento de polímeros detém uma extensão visível, particularmente, nos indicadores relacionados com:

- a saúde humana, nomeadamente, a toxicidade humana – efeitos cancerígenos e os efeitos na saúde humana provocados pelas radiações ionizantes;
- a proteção do meio ambiente, especificamente, a eutrofização aquática de águas doces e a ecotoxicidade para a água doce;
- e ao nível dos recursos naturais com destaque na transformação do solo e esgotamento de recursos fósseis e minerais.

O subsistema de extração e processamento de matérias-primas destaca-se, essencialmente, em relação aos recursos naturais como seria exetável, tais como, a transformação do solo, o esgotamento de água enquanto recurso e o esgotamento de recursos fósseis e minerais, salientam-se neste subsistema os impactos causados pela utilização dos combustíveis fósseis necessários às operações das máquinas e dos equipamentos de extração e transporte de inertes, principalmente.

Os subsistemas concernentes aos transportes e manutenção apresentam significâncias bastante reduzidas comparativamente aos restantes.

No presente estudo, os resultados inerentes aos transportes são notáveis nas categorias que contribuem, principalmente, para a destruição da camada de ozono e no que respeita aos efeitos provocados pelas radiações ionizantes. Estes fundamentam-se, sobretudo, nos impactos relativos à produção dos equipamentos e combustíveis, ou seja, ao peso

significativo de produção de equipamentos e da destilação do petróleo em diversos produtos necessários, posteriormente, ao funcionamento dos equipamentos de transporte utilizados no apoio das operações dentro da unidade de produção, isto é, transporte de materiais no interior das instalações e do produto final para armazenamento em parque.

Denotam-se ainda, os níveis das emissões associados ao recurso extensivo destes equipamentos, apesar da sua fraca expressão, em termos de valores absolutos, quanto à generalidade as categorias compreendidas no estudo.

Por último, a contribuição pouco expressiva do subsistema relativo à manutenção apoia-se nos potenciais impactos inerentes à produção e utilização de óleos lubrificantes, e à conservação do SH, razão pela qual o tratamento de lamas de óleo integra este caso de estudo. Este subsistema apresenta efeitos relativamente ao esgotamento de recursos - água e recursos fósseis e minerais principalmente.

A avaliação das questões ambientais significativas tem como proposição inicial a análise pormenorizada da cadeia de aprovisionamento estudada, possibilitando a fundamentação da identificação de potenciais melhorias específicas associadas a operações estratégicas de gestão.

Neste contexto, é importante relacionar os resultados obtidos ao longo do presente estudo, com os documentos de referência das práticas mais eficazes em termos ambientais MTDs, denominados também por *BREF*, tal como já foi referido previamente.

O *BREF* mais adequado ao caso de estudo diz respeito às instalações industriais com fabrico de produtos cerâmicos através de cozedura, este incorpora a cerâmica estrutural abrangendo, deste modo, a produção de telhas.

De acordo com o *BREF* que permitiu analisar as MTDs cujo resultado se apresenta no Anexo IX, onde se inclui o seu estado de implementação, revela-se o que pode/deve ou não ser executado em relação a potenciais melhorias, não só tendo em conta os pontos críticos, mas também outros aspetos e medidas abordadas em pesquisas anteriores no âmbito da indústria cerâmica e em estudos desenvolvidos pelas entidades competentes neste sector.

- **Consumos de energia**

A substituição de fornos antigos por fornos em túnel novos, maiores em tamanho e largura, ou com a mesma capacidade, mas que possibilitem a cozedura rápida é uma das medidas sugeridas com o intuito de diminuir a utilização de energia.

Segundo APICER (2015) a maioria dos fornos instalados nas empresas da indústria cerâmica encontra-se em bom estado de conservação, pelo que no caso de não existir uma necessidade evidente de substituição, ainda que o forno seja antigo, deve ser efetuado um estudo de viabilidade sobre esta MTD, de acordo com as características do forno em túnel utilizado atualmente e, caso estejam reunidas as condições económicas favoráveis à implementação desta medida.

As modificações nos materiais devem ser alvo de investigação, em busca do desenvolvimento de novas práticas e materiais, de forma, a proporcionar a redução da energia consumida nos processos de cozedura e secagem, além da procura por materiais inovadores que possam trazer uma evolução quanto às suas características, ou seja, relativamente ao seu comportamento, o que se relaciona diretamente com a sua resistência mecânica, comportamento ao fogo exterior, reação ao fogo, porosidade, permeabilidade e outras características que influenciam a sua durabilidade. Enquanto elemento construtivo de coberturas, estas devem ser parte integrante do processo de melhoria das soluções construtivas.

A redução do consumo de energia primária através de cogeração, baseada nas necessidades de calor útil, não constitui atualmente uma medida prioritária sob o olhar da gestão, o recurso ao processo de cogeração para aproveitamento de energia elétrica e calor pode ser eventualmente, uma opção viável, deve, contudo, ser analisada a partir de uma análise *SWOT*, estabelecendo os parâmetros necessários à avaliação desta MTD, tendo em conta não só a vertente económica, mas também a vertente ambiental.

- **Emissões de poeiras**

Quanto às operações que originem maiores libertações de poeiras, tais como, a moagem, a peneiração e mistura, a MTD proposta sugere o recurso ao confinamento, a conformação de matérias-primas durante o processo de preparação da pasta é realizada em tulas cobertas, todavia em recinto semifechado, portanto esta apresenta-se parcialmente implementada, sugere-se assim que o local onde se procede às operações

em questão seja intervencionado para que possa estar totalmente confinado, contribuindo desta forma para a redução da emissão de poeiras.

O transporte de matéria-prima é executado com recurso a tapetes rolantes com proteções laterais evitando perdas e emissões de poeiras, o documento de referência dá primazia aos sistemas transportadores pneumáticos, o que se deve aos seus benefícios de utilização, o transporte mais rápido, seguro e completamente automatizado, deve verificar-se a viabilidade de substituição total ou parcial dos sistemas de transporte atuais, tendo em consideração a utilização, durabilidade e capacidade de adaptação às condições de transporte requeridas e, ainda o investimento necessário e a redução das cargas ambientais subsequentes.

A existência de barreiras naturais e/ou artificiais junto das pilhas de matérias-primas a granel, pode para além de reduzir as perdas de matéria, reduzir as emissões de poeiras, pelo que, é recomendado que os locais de armazenamento possuam vedações formadas por cobertura vegetal, tapumes ou paredes evitando o vento diretamente nas pilhas, esta técnica encontra-se parcialmente aplicada.

É possível melhorar os locais de armazenamento com a aplicação de paredes móveis proporcionando a compartimentação das pilhas de matérias-primas, possibilitando o acesso dos camiões de uma forma mais organizada e com descargas associadas menos pulverosas e permitindo ainda ajustar as alturas de descarga dos camiões para a altura das pilhas, sendo esta uma solução ideal.

Para além do humedecimento a montante e jusante dos equipamentos de preparação da pasta, em épocas com temperaturas mais elevadas existe uma maior necessidade de manter os locais de armazenamento húmidos. A manutenção da humidade das matérias-primas armazenadas com o objetivo de reduzir a emissão de poeiras contribui, quando se trata das argilas, para o seu envelhecimento, constituindo uma MTD o recurso a sistemas de pulverização automática para executá-lo regularmente e de forma homogénea.

O recurso a sistemas de aspiração durante as operações de remoção de matérias, deve ser uma prioridade para a proteção da saúde humana, os sistemas de aspiração utilizados procedem à limpeza de todos os espaços da unidade de produção através de um sistema de aspiração móvel, pelo que a implementação desta medida através da aplicação de sistemas de aspiração estacionários ou sistemas e conexões flexíveis deve ser alvo de uma análise custo-benefício, tendo em conta que as instalações já são

antigas deverão priorizar-se opções de limpeza com recurso a sistemas flexíveis automatizados.

Relativamente à redução de emissões de poeiras com recurso à aplicação de filtros de mangas recomenda-se que esta opção seja uma prioridade em termos de análise de viabilidade, dados os casos de sucesso de aplicação desta técnica, de acordo com informações disponibilizadas em APICER (2015).

A aplicação de um sistema de filtração de gases de combustão, como um filtro de mangas ou precipitador eletrostático proporciona níveis de emissão de partículas no processo de cozedura inferiores a 20 mg/m^3 nos gases de combustão tratados, esta medida constitui parte integrante do conjunto de medidas a analisar em função do custo-benefício, adjudicando-se para segundo plano na ordem de prioridades, pois a UM procede ao controlo automático da combustão, à sua otimização e à caracterização quantitativa dos efluentes gasosos.

Os resultados expostos no Anexo VI mostram que o parâmetro referente às emissões de partículas se encontra abaixo do nível de emissão definido para esta medida, pelo que enquanto este parâmetro se encontrar num intervalo admissível, esta não se mostra como sendo uma medida prioritária.

Ainda, quanto à aplicação de um sistema de limpeza, especificamente, um sistema de absorção em cascata facultando a redução dos níveis de emissão de partículas para valores inferiores a 50 mg/m^3 nos gases de combustão, esta expõe-se como uma medida desajustada para o processo de cozedura da telha em estudo, devido aos níveis apresentados nas caracterizações quantitativas de efluentes gasosos, pelo que, não deverá ser considerada no conjunto de medidas primárias.

Esta medida apenas deve ser tida em conta partindo do pressuposto que as condições de funcionamento da unidade de produção podem vir a alterar-se ao longo do tempo e, caso as emissões de partículas aumentem significativamente, esta se mostra como uma das possíveis soluções a ter em conta nos estudos de viabilidade económica.

- **Compostos gasosos**

A redução de compostos gasosos nos efluentes provenientes dos fornos deve ser priorizado através do controlo da entrada de precursores de diversos poluentes, assim a UM procura matérias-primas com baixos teores de SO_x, NO_x, assim como de cloro, flúor e compostos orgânicos voláteis, sempre que seja possível e que exista disponibilidade de

matérias-primas com características preferenciais, bem como de outras matérias e combustíveis percursores dos poluentes referidos, por forma, a que a sua emissão seja a mais baixa possível, é importante que estes procedimentos se mantenham e se apliquem para a totalidade dos fatores existentes, possíveis de controlar do ponto de vista da gestão.

Recordando que a distribuição geográfica das matérias-primas e as distâncias de transporte até à unidade de produção também são fatores que em muito influenciam os custos e as cargas ambientais associadas à produção de telha, estando estes intimamente ligados com as emissões dos poluentes mencionados.

- **Perdas de processo/resíduos sólidos**

A utilização de perdas de processo/resíduos sólidos em outras indústrias constitui uma medida bastante interessante para a inter-relação entre indústrias do ponto de vista do tratamento de resíduos e da reutilização das perdas de processo, esta colaboração pode ser favorecida atualmente com a aplicação do conceito de economia circular, no contexto das políticas dos quatro R's, nomeadamente, reduzir, reutilizar, recuperar e reciclar.

Esta alternativa estimula a cooperação entre indústrias, na medida em que permite o aproveitamento de subprodutos de uma indústria, onde estes são considerados resíduos e para a qual não têm qualquer interesse, não obstante da importância dos custos imputados à produção de telha, devido às obrigações legais relativas ao seu tratamento. Pelo que, eventualmente, estes podem vir a ser adquiridos como matérias-primas para aplicação em diferentes indústrias, o que pode contribuir diretamente para a redução dos impactos ambientais decorrentes da extração e processamento de novas matérias-primas, além de gerar uma redução de custos para ambas as organizações.

- **Ruído**

Diversas medidas são sugeridas no *BREF* relativamente aos níveis de ruído, as quais dependem de maiores investimentos, conseqüentemente, de uma análise cuidada do custo-benefício por parte da gestão. Até ao ano de referência, apenas as que acarretam menores custos foram implementadas, dados os resultados das medições dos níveis sonoros médios de longa duração e do critério de incomodidade apresentados no Anexo V, constatou-se a verificação do cumprimento dos parâmetros analisados, não existindo, deste modo, uma clara necessidade de investimento em soluções mais dispendiosas, sobrecarregando os orçamentos da organização.

Desde que não existam alterações bastante significativas, por exemplo, a aquisição de novas máquinas ou equipamentos sem qualquer mecanismo de encapsulamento ou isolamento sonoro e que daí advenham riscos para a proteção da saúde humana, através dos efeitos do ruído nos trabalhadores e na vizinhança, em geral.

Ou caso se determine que a proteção da saúde humana não esteja a ser respeitada devido a qualquer alteração em equipamentos ou atividades. E, ainda caso haja alguma alteração dos requisitos legais quanto ao cumprimento dos níveis de ruído e incomodidade, estas medidas devem ser reavaliadas para aplicação da(s) solução(ões) mais adequada(s).

As MTDs desempenham um papel essencial na melhoria da sustentabilidade industrial, o documento de referência em MTDs para o sector cerâmico, para além de incluir estas medidas, apresenta a descrição de processos relevantes do fabrico, informações e dados quanto aos níveis de emissão de consumo e emissões, bem como de informações sobre técnicas emergentes. Este documento procura apoiar a sustentabilidade através do aumento da eficiência energética, pela redução dos níveis de poluição e, de acordo com os benefícios ambientais e económicos decorrentes da sua utilização/aplicação.

Decorrente da análise de pontos críticos e da pegada ambiental do produto é possível ainda averiguar as seguintes soluções:

- A redução dos materiais de embalagem mediante o aumento de unidades de produto por palete resulta na diminuição dos materiais de embalagem, os quais apresentam elevadas cargas ambientais no sistema, em geral, esta refletir-se-á também na diminuição dos custos da utilização de energia elétrica consumida pelos equipamentos de embalagem e na redução dos consumos de gás natural nos equipamentos de colocação e ajustamento de manga/filme plástico e, ainda no aumento do desempenho ambiental dada a redução das necessidades de tratamento de resíduos, logo dos custos inerentes.

Esta sugestão deve ser analisada da perspetiva da qualidade do produto final e na condição de aprovação não ocasionar o aumento de perdas de processo.

- No que respeita os transportes, os resultados indicam uma contribuição relativamente reduzida em comparação com outros processos, contudo existem alguns transportes de longas distâncias que devem merecer uma análise por parte da gestão, com a finalidade de rever a necessidade de recorrer à aquisição de materiais de fornecedores internacionais, sempre que seja possível, mudar

para fornecedores nacionais que disponibilizem matérias com uma qualidade igual ou superior.

- A análise de sensibilidade mostra a influência que a idade dos transportes tem na sua contribuição para o sistema, a verificação do cumprimento de diferentes normas europeias altera as cargas ambientais associadas aos transportes, assim o recurso a transportadoras com frotas mais recentes e a aquisição de veículos novos propicia a diminuição dos potenciais impactos, diretamente.
- O transporte é assegurado por via rodoviária por meio de camiões, pelo que a combinação de diferentes meios de transporte e utilização de outros combustíveis, também pode ser estudada, através da realização de análises *SWOT*, análise de efeitos cruzados, ou outro tipo, desde que faculte a fundamentação necessária para que seja aplicada, em função das variações nos potenciais impactos para as categorias de impacto consideradas no presente estudo e que da sua implementação resulte uma melhoria do desempenho ambiental aliada a uma poupança significativa para a organização.

As sugestões descritas com base na identificação de pontos críticos deverão ser analisadas meticulosamente pela gestão da organização para a definição de uma ordem de implementação das medidas que se considerarem exequíveis.

4.5.4. Estimativa de incertezas

Os dados utilizados no presente estudo provêm diretamente da unidade de produção da telha em estudo e de bases de dados comerciais. Os dados primários referem-se ao período de referência de janeiro a dezembro de 2013, sendo o caso de estudo a telha Advance Lusa na tonalidade vermelho natural produzida na UM.

Os dados primários foram medidos e recolhidos diretamente a partir dos relatórios, guias e fichas de controlo e registos da unidade de produção no seguimento do levantamento de dados para a compilação de registo do perfil de utilização dos recursos e emissões.

As informações comunicadas pelos fornecedores são insuficientemente abrangentes para suprirem as necessidades de dados/informações necessárias à constituição dos fluxos referentes à extração e/ou processamento de matérias-primas, bem como sobre os equipamentos utilizados, o que impede a utilização de dados primários para os fluxos referentes às matérias-primas ou matérias auxiliares aprovoadas, gerando a necessidade, na maioria dos casos, de utilização de dados da literatura e/ou bibliotecas

de bases de dados disponibilizadas por *softwares* de avaliação do ciclo de vida, como tal esta foi a solução adotada para ultrapassar as restrições mencionadas.

A ferramenta escolhida para o cálculo dos potenciais impactos do ciclo de vida foi o *software* SimaPro versão 8.0.4. Na ótica do utilizador, o *software* é acessível e revelou-se uma excelente ferramenta de apoio, com uma boa cobertura de dados e inúmeras opções, quer pela facilidade de apresentação de resultados em função do que se pretende observar e analisar, quer para aceder a bases de dados fidedignas atualizadas.

A agilidade da ferramenta de cálculo depende em muito dos dados primários fornecidos que são, afinal, a base do estudo e da possibilidade de reunir os fluxos necessários para que o processo fique completo através das bases de dados disponíveis, de preferência, bibliotecas de dados com versões mais atuais, o que não foi possível de executar para a totalidade dos fluxos necessários para completar o ICV do caso de estudo. Com este intuito recorreu-se a bases de dados, tais como, *Ecoinvent*, *Ecoinvent 3.0*, *ELCD*, *Eco-profiles* e *ESU-ETH*.

Tal como ao longo do restante processo de desenvolvimento de ACV, existem incertezas associadas às informações e valores utilizados que se refletem nos fluxos e nos processos constantes nas bases de dados, pelo que, o grau de incerteza do estudo está associado aos parâmetros e aos modelos utilizados (incertezas estocásticas), para além das incertezas associadas às escolhas (incertezas metodológicas).

As perdas obtidas podem dever-se a erros associados aos procedimentos de cálculo, que incluem desagregações efetuadas não só pela organização, mas também no ato de desenvolvimento do presente caso de estudo, é necessário refletir sobre as inconsistências encontradas entre entradas e saídas do sistema, como se releva através dos procedimentos de validação de dados. A necessidade de melhorar os procedimentos de recolha de dados é clara, apontando para a falta de um plano de gestão de dados eficaz e rastreável, o que pode ser aperfeiçoado por meio da melhoria da introdução e tratamento de dados específicos, com a conseqüente redução das incertezas associadas.

Além de se proceder à calibração mais frequente dos equipamentos envolvidos nas fases em que se possam verificar inconsistências e perdas de produto. Neste sentido deve fomentar-se a melhoria dos procedimentos de recolha de dados, por meio da automatização dos processos de medição, a partir dos quais seja possível efetuar medições com o menor erro inerente.

Para além das perdas ao rubro associadas à argila que se mostram como perdas que não são possíveis de controlar totalmente, deve considerar-se ainda que também a incorporação de feldspato e de carbonato de bário líquido na telha apresentam este tipo de perdas, as quais consistem, tal como a argila, principalmente, em perdas de humidade no processo de cozedura da telha cerâmica. As PR destas entradas não foram possíveis de definir devido à ausência de informações sobre possíveis determinações por parte dos fornecedores.

Os pressupostos definidos no objetivo e âmbito do estudo não alcançam o pleno cumprimento dos requisitos, pois seria necessário retratar os impactos associados à produção de telha, na sua totalidade. O que pode ser executado recorrendo aos fornecedores para recolha de dados específicos dos processos compreendidos, através da divulgação de dados e informações claros e concisos, principalmente, para as fases correspondentes à extração e/ou processamento de matérias-primas e outros materiais auxiliares, minimizando, desta forma, a utilização das bibliotecas de bases de dados disponíveis através de *softwares* de AICV.

A avaliação da qualidade dos dados quanto ao seu carácter temporal, tecnológico, geográfico, exaustividade, adequação metodológica e coerência e, ainda precisão ou incerteza e as análises de sensibilidade concretizadas viabilizam a avaliação do cenário de referência do presente caso de estudo, não obstante das incertezas intrínsecas da aplicação de metodologias de avaliação de desempenho ambiental através de uma abordagem ACV nas diversas dimensões e fases metodológicas pelas quais estes estudos são constituídos.

4.5.5. Conclusões

A produção na indústria cerâmica segue as tendências do sector da construção, sendo este, também orientador do subsector da cerâmica estrutural, onde se inclui a produção de telha, tijolo e abobadilha. De acordo, com o Eurostat, no ano 2010, a indústria cerâmica representava 1,3% do valor de produção da indústria transformadora em Portugal, com destaque de 15,7% em telha, tijolo e outros produtos cerâmicos.

A identificação de melhorias potenciais é essencial para escolher as melhores práticas ambientais disponíveis. Apoiando-se na avaliação do perfil de consumos e emissões, através da aplicação do conceito de ACV é possível identificar os pontos críticos relativos aos processos compreendidos em cada fase do sistema considerado, com o estímulo de suportar a preservação das diversas áreas de protecção. E assim, incentivar o

aperfeiçoamento da sustentabilidade das práticas realizadas pelas organizações, sendo que esta pode contribuir para a redução dos impactos negativos nas mais diversas áreas de proteção, desde a saúde humana aos recursos naturais.

Estas preocupações ambientais por parte das organizações podem traduzir-se ainda em benefícios económicos, corroborando com as estratégias de competitividade e crescimento e assumindo-se como fatores relevantes nas estratégias de marketing empresarial, especificamente, pela disponibilização de materiais com impactos ambientais reduzidos. Assim, a identificação de pontos críticos com base na performance ambiental pode indicar as melhorias potenciais, apontando a direção a seguir pelas organizações.

As conclusões da pegada ambiental do produto, tendo em conta o desempenho ambiental da telha analisada são as seguintes:

- A fase de fabrico corresponde ao subsistema dominante na maioria das categorias de impacto ambiental, enquanto o subsistema de embalagem se denota como o mais influente em seis categorias, enquanto a extração e processamento de matérias-primas se evidencia em apenas uma;
- A cozedura e a secagem apresentam uma carga ambiental superior na fase de fabrico da telha, devido ao fluxo relativo à combustão de gás natural num forno em túnel, seguido do processo referente ao consumo de energia elétrica;
- O fluxo complexo com maiores impactos, nomeadamente, na fase de embalagem refere-se à utilização de paletes;
- A utilização de argila constitui o processo proeminente na fase de extração e processamento de matérias-primas, o que resulta das elevadas quantidades requeridas desta matéria-prima para a preparação da pasta vermelha;
- A respeito das fases consideradas neste estudo, intrinsecamente a todos os processos existe o recurso a equipamentos e veículos que requerem a utilização de combustíveis fósseis, sendo este um dos fatores mais importantes na maioria dos processos considerados, ainda que implicitamente.

A análise e identificação das questões dominantes adjacentes à produção de telha e o seu peso, enquanto elemento da indústria cerâmica, são importantes, no intuito de promover a agregação dos pontos críticos/pontos fracos, demonstrando as questões mais sensíveis, isto é, em que questões se podem/devem alocar maiores esforços e, desse modo, apoiar a melhoria contínua dos processos de produção facilitando os procedimentos relativos à gestão ambiental.

4.5.6. Recomendações

A partir da medição quantificada do desempenho ambiental da unidade de análise tendo em conta as etapas relevantes do ciclo de vida de um produto, numa perspetiva de análise ACV '*cradle-to-gate*', é possível sugerir algumas medidas de prevenção que podem acarretar reduções das cargas ambientais do produto estudado, entre as que já foram adotadas pela unidade de produção e as podem e/ou devem ser implementadas, tal como exposto no Anexo IX e referido anteriormente, é possível diferenciar algumas das medidas mais importantes, entre estas encontram-se as seguintes:

- Investimento na investigação e desenvolvimento: na área dos materiais e componentes melhorados, com características térmicas mais vantajosas relativamente ao processo de cozedura, ou seja, que permitem melhorar a eficiência deste processo, e na área de técnicas emergentes, que vão de encontro ao objetivo principal, a diminuição dos consumos de energia.

A alteração dos materiais utilizados, sobretudo as matérias-primas, pode vir a facilitar a variação das atuais configurações dos fornos, nomeadamente, a temperatura, através da diminuição das necessidades de calor útil, originando uma redução significativa nos custos e cargas ambientais do processo de cozedura, sendo esta uma das medidas sugeridas por Almeida, Dias, Castanheira, & Arroja (2011) no caso de estudo do tijolo, propondo ainda, a adição de fluxos ou outros aditivos orgânicos, tal como recomendado em EC (2007) e igualmente, por Nicoletti, Notarnicola, & Tassielli (2012) reduzindo portanto o consumo intensivo de gás natural.

- Os equipamentos e máquinas utilizadas no processo de fabrico devem ter uma apreciação especial, devido ao consumo de eletricidade associado, verificando, se possível, frequentemente, as possibilidades existentes de substituição dos mesmos por outros energeticamente mais eficientes.
- A utilização de biomassa é uma hipótese abordada em diversos estudos, como Almeida, Dias, Demertzi, & Arroja (2015) e CTCV (2015), já referidos anteriormente, no entanto e, apesar da melhoria do desempenho ambiental associado ao uso de biomassa, a utilização de gás natural é considerada por EC (2007), como uma MTD, o que Almeida, Dias, Demertzi, & Arroja (2015) apoiam, na medida em que a utilização de combustíveis sólidos, leva ao aumento das emissões de partículas;

- O confinamento total do parque de armazenamento de matérias-primas, onde são realizadas as operações pulverosas;
- A substituição parcial ou total dos sistemas de transporte com recurso a tapetes rolantes para sistemas transportadores pneumáticos, com vista à redução das emissões de poeiras;
- O humedecimento dos locais de armazenamento através de sistemas de pulverização;
- A alteração e/ou substituição do atual procedimento de limpeza, por um sistema de aspiração fixo ou flexível automatizado;
- Aplicação de filtros de mangas, para redução de poeiras;
- A procura de matérias-primas com reduzidos teores de precursores de poluentes, tais como: SO_x, NO_x, compostos inorgânicos fluorados e clorados, compostos orgânicos voláteis e/ou adição de fluxos e/ou aditivos orgânicos, esta última opção pode admitir a diminuição de COV, mas contribui para o aumento de outros compostos, conjuntamente, com o aumento da eficiência energética;
- A cooperação entre diferentes indústrias para implementação do conceito de economia circular, alocando as perdas de processo e/ou resíduos sólidos como subproduto, a incorporar como matéria-prima na produção de outros produtos em outras indústrias e a consequente diminuição dos encargos legais com o tratamento dos mesmos;
- As medidas relacionadas com o ruído poderão ter a atenção da gestão a qualquer momento, dados os efeitos do ruído na saúde humana e a afetação do bem-estar das populações, devido, principalmente, no contexto laboral aos seus efeitos a longo prazo nos trabalhadores, como o manifesto de surdez parcial ou total, que se apresenta como doença profissional, fora o cumprimento das obrigações legais de prevenção de ruído e controlo da poluição sonora.

Salvo as recomendações no seguimento das MTD analisadas na literatura, outras soluções podem ser recomendadas, tendo em conta os resultados da AICV obtidos, tais como:

- A redução dos materiais de embalagem deve ser analisada pelo departamento de qualidade e aplicada na medida do que é aceitável, em termos de quebras de produção, do que é admissível para o aumento das perdas do fabrico de telha.
- A realização da caracterização das emissões dos principais poluentes em contínuo com controlo automático nas fontes fixas mais problemáticas, como é o caso dos fornos, proporcionando a caracterização real dos efluentes poderá verificar-se se

existe uma real necessidade de alterações dos mesmos ou aplicação de sistemas de tratamento;

- Relativamente aos transportes, de ser executada uma análise dos locais de preparação de materiais auxiliares que advêm de fornecedores localizados a distâncias superiores a 500 km da unidade de produção, na qual deve incluir-se uma análise de alternativas para substituição de fornecedores que possam disponibilizar os mesmos produtos com características iguais ou superiores.
- O recurso a transportadoras com frotas mais recentes e a aquisição de veículos novos verificando o cumprimento de normas europeias mais recentes, as quais estabelecem regras cada vez mais rígidas quanto à homologação de veículos ligeiros e pesados, precipitando a diminuição das cargas ambientais associadas aos transportes, pelo cumprimento de emissões de poluentes e da consequente melhoria da qualidade do ar.
- A alteração dos meios de transporte e/ou combinação de diferentes meios de transporte e os potenciais efeitos de substituição por outros combustíveis deve ser efetuada, desde que desta medida resultem melhorias do desempenho ambiental, em simultâneo com redução de custos para a organização.

Os resultados obtidos alinham-se com outros casos da literatura analisados e, mencionados ao longo do presente estudo, o que mostra, por si só, que as práticas em Portugal são representativas das inúmeras estratégias implementadas a nível europeu. Independentemente do foco dos objetivos e âmbito do caso de estudo, entre as diferentes categorias de impacto ambiental, pressupostos, unidade funcional, limites do sistema e fases compreendidas no mesmo, não permitem a comparação entre produtos, auxiliam na especificação de diversas estratégias de mitigação de impactos ambientais, devido à afinidade entre pontos críticos da indústria cerâmica.

A conjugação de funções estéticas e técnicas deve ser uma preocupação de qualquer subsector da indústria cerâmica, com o intuito, não só de melhorar a eficiência energética, mas também de proteção do ambiente e de preservação da saúde humana, esta combinação além de uma adequada integração arquitetónica, promove a sustentabilidade na construção e incentiva a reabilitação urbana. Assim é importante conhecer o desempenho ambiental de materiais de construção, como o caso de estudo, pois estes apresentam-se como os principais responsáveis pela arquitetura ambientalmente responsável e pela melhoria da conceção dos produtos.

O recurso a instrumentos que permitam a aferição do desempenho ambiental dos produtos/organizações, como as metodologias da PAP e da PAO são a chave para o apoio à comunicação de informações ambientais relevantes.

4.5.7. Limitações

A obtenção de dados neste tipo de estudos segue determinadas normas ou padrões, aquando da aplicação da PAP ao caso de estudo não existiam RCPAP de referência, nem RCP recomendadas pelos criadores das metodologias PAP e PAO.

O estudo “Apoio na definição de declarações ambientais de produtos cerâmicos e economia de carbono com vista a uma estratégia de construção sustentável” desenvolvido pelo CTCV para a APICER foi o meio de referência utilizado, tal como mencionado no objetivo do estudo. Uma outra alternativa seria a utilização de CEN (2013) como recurso, enquanto RCP de produtos construção, tal como a denominação indica, esta é recomendada para o apoio a DAP, não tendo sido considerada como RCP de referência pelas diversas incompatibilidades em comparação com os requisitos e pressupostos definidos para a aplicação do método PAP.

O método de cálculo que compreende as categorias e os indicadores recomendados no guia PAP é parte integrante da ferramenta de cálculo SimaPro, o que permitiu obter os resultados para os indicadores sugeridos sem qualquer exceção.

Os *softwares* e as bases de dados têm acessos condicionados, pelo que não é possível calcular o desempenho ambiental através da utilização de versões experimentais, ou seja, sem a respetiva licença de utilização, o que se manifestou numa constrição ao desenvolvimento do presente estudo dada a ausência de parcerias entre o Instituto Politécnico de Leiria para a adjudicação de licença pela organização Pré Consultants BV ou com outras instituições do ensino superior para a utilização do *software* a partir do usufruto da licença por estes adquirida, o que se solucionou tardiamente com o contacto dos responsáveis para utilização do *software* na Universidade de Aveiro.

A extensão de uma abordagem de ‘pensamento de ciclo de vida’ e da aplicação, pelo menos, dos requisitos básicos das fases metodológicas obrigatórias, em qualquer estudo ACV, destaca-se pelas dificuldades associadas à obtenção de dados primários, dados estes quantificados segundo as entradas e saídas respeitantes ao produto em estudo ao longo do ciclo de vida compreendido e definido no âmbito deste.

O que significa que para efetuar a compilação e registo dos recursos e emissões, ainda que a obtenção de dados do inventário de ciclo de vida se tenha revelado suficiente para atingir os objetivos propostos, houve necessidade de ultrapassar várias restrições, devido não só às diferentes dimensões em que estes se aduzem, mas também devido a inúmeros fatores que não são, facilmente, transpostos.

A representatividade tecnológica, geográfica e temporal nem sempre se mostra como a mais avançada, específica e evoluída, respetivamente, mas deve compreender-se que para a evolução de todo o processo de incorporação do pensamento de ciclo de vida é necessário desafiar instituições, organizações e todas as possíveis partes interessadas no processo de desenvolvimento e procura da melhoria contínua.

Ou seja, quanto mais atuais as bases de dados utilizadas, mais fiáveis são os metadados descritivos e os dados quantitativos do ICV, resultando em menores níveis de incerteza e maior abrangência, quer a nível tecnológico, geográfico ou temporal.

O balanço material é uma das formas de validação de dados mais relevantes neste tipo de estudos, pode-se constatar que o balanço material da produção da telha não indica que se esteja perante um ciclo fechado, para tal basta analisar as perdas totais do sistema, o que se apresenta como uma condicionante ao presente estudo.

A dificuldade na modelação completa e coerente do ciclo de vida da telha prende-se, em muito, com a dificuldade de encontrar informações específicas sobre a indústria cerâmica portuguesa, principalmente, com o que se relaciona com a extração e/ou processamento de matérias-primas e materiais auxiliares, o que pode conduzir a uma realidade que não corresponde por completo à indústria em causa, tal como acontece, no estudo desenvolvido por Souza *et al.* (2015) relativamente ao contexto brasileiro.

Considera-se essencial que todos os intervenientes na indústria cerâmica fortaleçam os processos de informação, permitindo o incremento da aplicação do conceito de ACV, consequentemente a melhoria da produtividade e a redução dos impactos ambientais do sector, na generalidade.

5. Considerações finais

Ainda que uma grande parte dos artigos se desenvolvam no âmbito da indústria cerâmica, estes apresentam, na sua maioria, âmbito e objetivos distintos, especificamente, no que respeita as aplicações previstas e limitações, a unidade de análise e fluxo de referência, os limites do sistema considerados e, principalmente, as categorias de impacto ambiental, os indicadores de impacto e as metodologias de avaliação de impacto, sem mencionar informações indispensáveis a qualquer estudo ACV, quanto aos critérios de corte considerados e eventuais regras de alocação adotadas por diversos autores.

A aplicação da metodologia PAP é mais exigente comparando-a com outras normas como a ISO 14044:2006 e a Pegada ambiental francesa (BPX 30-323), essencialmente, tanto no que respeita ao objetivo e âmbito dos estudos, como nas exigências de vários elementos do método de AICV e da qualidade de dados.

Contudo esta pauta-se pela descrição detalhada dos critérios a seguir e resulta da harmonização de diferentes metodologias para a promoção da utilização de uma metodologia unificada, de acordo com as estratégias europeias, para facilitar a aferição de resultados ACV em organizações sem recorrer profissionais não especializados nesta área específica.

A CE depreende que esta metodologia é a mais adequada no desenvolvimento da aplicação do conceito de ciclo de vida, para comunicar e aferir o desempenho ambiental aos consumidores de um modo mais claro, indo ao encontro das constatações de Almeida, Dias, & Arroja (2014) que defendem a harmonização entre vários instrumentos existentes e outros em desenvolvimento como uma necessidade cada vez mais relevante, entre os instrumentos considerados. Saliem a compatibilização da EN 15804 e da pegada ambiental nas organizações como uma das ações futuras.

Apesar da metodologia utilizada se ter mostrado bastante abrangente e pormenorizada, esta não permite o apoio de DAP, o que se apresenta como desvantagem atualmente.

A exclusão das fases de instalação, utilização, bem como a demolição e fim-de-vida, constitui uma limitação ao presente estudo, ainda que, em concordância com o CTCV (2009) estas não sejam consideradas fundamentais na ótica do desenvolvimento de

DAP, mesmo não sendo este o fundamento neste estudo. De acordo com Almeida, Demertzi, Dias, & Arroja (2013), as fases consideradas contribuem em mais de 60% para os potenciais impactos ambientais da telha cerâmica, logo a análise 'cradle-to-gate' mostra-se adequada.

Muitas organizações não procedem ao controlo de diversos fatores importantes nas considerações de uma ACV. A necessidade de despender um longo período de tempo mostrou-se, de forma, significativa, principalmente, para o levantamento de dados e na avaliação dos requisitos da qualidade de dados. A necessidade de um período de tempo mais extenso do que o disponível e do que seria desejável inicialmente, levou a um aditamento do estudo em desenvolvimento, o qual não foi acompanhado pela alteração do ano de referência do estudo em questão, devido a alterações de gestão na organização e à conservação das condições de produção entre 2013 e 2015.

As organizações não detêm capacidade real para desenvolver um estudo ACV com base na metodologia PAP, apenas e só seguindo o Guia disponibilizado. A necessidade de obter dados e informações de uma forma minuciosa contribui para a melhoria da qualidade dos dados, mas apresenta-se como um custo para as organizações. Nem sempre é possível alocar recursos humanos e económicos com o intuito de organizar e manter procedimentos de recolha de dados, onde se incluem listas bastante exaustivas com descrições dos processos, das fases de produção e dos produtos, bem como análises descritivas em detalhe das entradas e saídas do sistema.

A melhoria dos procedimentos de recolha e validação de dados para aplicação de ACV deve ser considerada uma das prioridades nas indústrias que demonstrem preocupações com as questões ambientais. A aferição e comunicação de desempenho ambiental do método PAP aplicado ao caso de estudo, especificamente, não releva diferenças significativas em relação aos procedimentos da ISO 14044:2006, apesar do guia PAP conter requisitos mais explícitos e mais minuciosos, quando os cálculos ainda se resumem, em muito, em ferramentas de apoio, como *softwares* e bases de dados.

O esforço para a unificação da metodologia ainda não se mostrou suficiente para quebrar estereótipos e notabilizar-se entre as restantes iniciativas e métodos de avaliação de desempenho ambiental, deve estimular-se a mobilização da indústria, independentemente, do sector para estabelecer parcerias entre as partes interessadas e outros intervenientes. As políticas e estratégias europeias devem ser fortalecidas no sentido de incentivar e melhorar a aplicação de ACV para comunicação de informações ambientais relevantes.

6. Referências bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2013). *Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) 2013-2020 - Poder Calorífico Inferior, Fator de Emissão e Fator de Oxidação*. Acesso em 13 de dezembro de 2013, disponível em Agência Portuguesa do Ambiente: http://www.apambiente.pt/_zdata/DPAAC/CELE/tabela_PCI_FE_FO_2013.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2014). *Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) - Valores de densidade dos combustíveis a utilizar no âmbito do regime CELE no ano de 2013*. Acesso em 28 de fevereiro de 2014, disponível em Agência Portuguesa do Ambiente: http://www.apambiente.pt/_zdata/DPAAC/CELE/tabela_densidades_combustiveis_2013.pdf
- Almeida, A. M., Demertzi, M., Dias, A. C., & Arroja, L. (2013). Environmental Product Declaration for Ceramic Tile. *Sustainable Cities: Designing for People and the Planet*. Coimbra: Energy for Sustainability 2013.
- Almeida, M. (2014). *Declarações Ambientais de Produto – Uma aplicação prática*. Acesso em 23 de fevereiro de 2014, disponível em APAL - Associação Portuguesa do Alumínio: http://www.apal.pt/pdf/2_Denominacao_Ambiental_Produto_Marisa_Almeida_CTCV.pdf
- Almeida, M. I., Dias, A. C., Arroja, L. M., & Dias, A. B. (2010). Life cycle assessment (cradle to gate) of a Portuguese brick. *Conference: Portugal SB10 - Sustainable Building Affordable to All*. Vilamoura, Portugal: Universidade de Aveiro.
- Almeida, M. I., Dias, A. C., Demertzi, M., & Arroja, L. (2015). Contribution to the development of product category rules for ceramic bricks. *Journal of Cleaner Production*, 92, 206 - 215.
- Almeida, M., Arroja, L., & Dias, A. C. (2013). *Regras para a Categoria de Produto (RCP) de Revestimentos de pavimento*. Acesso em 18 de dezembro de 2015, disponível em DAPHabitat: http://daphabitat.pt/?page_id=274
- Almeida, M., Dias, A. C., & Arroja, L. (2014). Avaliação de ciclo de vida de ladrilho cerâmico e seu potencial de melhoria. Em P. p. Sustentável (Ed.), *Congresso de Inovação na Construção Sustentável – CINCOS'14*. Porto, Portugal: centroHabitat - Cluster Habitat Sustentável.
- Almeida, M., Dias, A. C., Castanheira, É., & Arroja, L. (2011). Environment product declaration in ceramic materials as sustainability tool. *Conference LCM 2011 – Towards Life Cycle Sustainability Management* (pp. 793 - 803). Berlin, Germany: Universidade de Aveiro.
- Almeida, M., Dias, A. C., Dias, B., & Arroja, L. M. (2011). A declaração ambiental de produto para materiais de construção. *Avaliação do Ciclo de Vida na Construção*. Guimarães, Portugal: centroHabitat - Cluster Habitat Sustentável.

- Althaus, H.-J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Hirschier, R., Hellweg, S., . . . Nemecek, T. (2007). *Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*. Acesso em 07 de setembro de 2015, disponível em Ecoinvent database V.2.2. Swiss Center for Life Cycle Inventories: http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/publicLCI/03_LCIA-Implementation.pdf
- Associação Empresarial de Portugal (AEP). (2011). *Casos de Excelência de Práticas Ambientais*. Acesso em 17 de dezembro de 2013, disponível em Associação Empresarial de Portugal: <http://www.umbelino.pt/client//UMBELINOMONTEIRO12.pdf>
- Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica (APICER). (2015). *Sistematização e Identificação de Melhores Técnicas Disponíveis (MTDs) para a Cerâmica Estrutural*. (A. P. Cristalaria, Editor) Acesso em 13 de janeiro de 2016, disponível em http://www.inform.pt/mtd/index_ce.html
- Bare, J. (2002). The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts (TRACI). *Journal of Industrial Ecology*, 6(3-4), pp. 49 - 78.
- Bersimis, S., & Georgakellos, D. (2013). A probabilistic framework for the evaluation of products' environmental performance using life cycle approach and Principal Component Analysis. *Journal of Cleaner Production*, 42, pp. 103 - 115.
- Biemann, K., Recchioni, M., & Mathieux, F. (2013). Data Quality Assessment of LCI Datasets - A Systematic Approach to Integrate Different User Requirements. *The 6th International Conference on Life Cycle Management – LCM 2013* (pp. 232 - 236). Gothenburg: CPM – The Swedish Life Cycle Center.
- Bovea, M. D., Díaz-Albo, E., Gallardo, A., Colomer, F. J., & Serrano, J. (2010). Environmental performance of ceramic tiles: Improvement proposals. *Materials & Design*, 31(1), 35 - 41.
- Boulay, A.-M., Bulle, C., Bayart, J.-B., Deschênes, L., & Margni, M. (2011). Regional Characterization of Freshwater Use in LCA: Modeling Direct Impacts on Human Health. *Environmental Science & Technology*, 45(20), pp. 8948 - 8957.
- British Standards Institution (BSI). (2013). *BS EN 1304 - Clay roofing tiles and fittings - Product definitions and specifications*. Brussels: European Committee for Standardization.
- Brundtland, G. H. (Brundtland G et al Oxford, Oxford University Press de 1987). *Our Common Future: Report of the 1987 World Commission on Environment and Development*. Oxford: Oxford University Press. Acesso em 20 de janeiro de 2014, disponível em Report of the World Commission on Environment and Development: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2010). *Thermodynamics an Engineering Approach 7th Edition*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV). (2009). *Apoio na definição de declarações ambientais de produtos cerâmicos e economia de carbono com vista a uma estratégia de construção sustentável*. Coimbra: CTCV. Acesso em 16 de fevereiro de 2014, disponível em Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica (Documento interno).

- Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV). (2015). *Ferramenta Metodológica de Análise e Viabilidade Técnica e Económica de MTD's*. Acesso em 4 de dezembro de 2015, disponível em APICER - Associação Portuguesa das Indústrias de Cerâmica e de Cristalaria: http://www.apicer.pt/apicer/admin/EXPLORER/ficheiros/pdf/estudos/ferramenta_efeitos_cruzados_5scenarios-form_final.pdf
- Chatterjee, A., Chitwadgi, S., Kulkarni, M., & Kaviraj, A. K. (2001). Efeito da Razão entre Feldspatos Sódico e Potássico no Desenvolvimento de Fases e Microestrutura de Porcelanatos Queimados. *Cerâmica Industrial*, 6(5).
- Comissão Europeia (CE). (2004). *Política integrada de produtos - Desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida*. Acesso em 07 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:pt:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2010a). *Um Acto para o Mercado Único - Para uma economia social de mercado altamente competitiva*. Acesso em 9 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0608:FIN:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2010b). *EUROPA 2020 - Estratégia para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo*. Acesso em 06 de fevereiro de 2014, disponível em Comunicação da Comissão: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:pt:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2011a). *Acto para o Mercado Único - Doze alavancas para estimular o crescimento e reforçar a confiança mútua - Juntos para um novo crescimento*. Acesso em 15 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0206:FIN:pt:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2011b). *Roteiro para uma Europa Eficiente na utilização de recursos*. Acesso em 16 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2012a). *Ato para o Mercado Único II - Juntos para um novo crescimento*. Acesso em 18 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: http://ec.europa.eu/internal_market/smact/docs/single-market-act2_pt.pdf
- Comissão Europeia (CE). (2012b). *Reforçar a indústria europeia em prol do crescimento e da recuperação económica*. Acesso em 22 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0582:FIN:PT:PDF>

- Comissão Europeia (CE). (2012c). *Uma Agenda do Consumidor Europeu para incentivar a confiança e o crescimento*. Acesso em 11 de março de 2014, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2012/PT/1-2012-225-PT-F1-1.Pdf>
- Comissão Europeia (CE). (2013a). *Recomendação da Comissão sobre a utilização de métodos comuns para a medição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações*. Acesso em 04 de outubro de 2013, disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:124:0001:0210:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2013b). *Anexo II - Guia sobre a Pegada Ambiental dos Produtos (PAP) Guia para a Recomendação da Comissão sobre a utilização de métodos comuns para a medição e comunicação do desempenho ambiental ao longo do ciclo de vida de produtos e organizações*. Acesso em 03 de outubro de 2013, disponível em <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:124:0001:0210:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2013c). *Construir o Mercado Único dos Produtos Ecológicos - Facilitar uma melhor informação sobre o desempenho ambiental de produtos e organizações*. Acesso em 28 de outubro de 2013, disponível em Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0196:FIN:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2013d). *Construir um Mercado Único de Produtos Ecológicos*. Acesso em 31 de outubro de 2013, disponível em Documento de Trabalho dos Serviços da Comissão, Resumo da Avaliação de Impacto que acompanha a Comunicação da Comissão ao Parlamento e ao Conselho: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2013:0112:FIN:PT:PDF>
- Comissão Europeia (CE). (2014). *Europa - Uma Constituição para a Europa*. Acesso em 20 de janeiro de 2014, disponível em http://europa.eu/scadplus/constitution/objectives_pt.htm#OBJECTIVES
- Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen, A. A., . . . Vigon, B. (1993). *Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice'*. Brussels, Belgium and Pensacola, USA: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- Čuček, L., Klemeš, J. J., & Kravanja, Z. (2012). A Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 34, 9 - 20.
- Daily, G. C., & Ehrlich, P. R. (1992). Population, Sustainability, and Earth's Carrying Capacity: framework for estimating population sizes and lifestyles that could be sustained without undermining future generations. (O. U. Press, Ed.) *BioScience*, 42(10), 761 - 771.
- Decreto-Lei n.º 381/2007. (2007). *Classificação Portuguesa das Actividades Económicas, Revisão 3*. Acesso em 28 de novembro de 2013, disponível em Diário da República Eletrónico: http://www.ine.pt/ine_novidades/semin/cae/CAE_REV_3.pdf

- Decreto-Lei n.º 78/2004. (2004). *Regime legal relativo da prevenção e controlo das emissões atmosféricas*. Acesso em 06 de novembro de 2015, disponível em Diário da República Eletrónico: <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2004/04/080A00/21362149.pdf>
- Decreto-Lei n.º 9/2007. (2007). *Aprovação do Regulamento Geral de Ruído*. Acesso em 06 de novembro de 2015, disponível em Diário da República Eletrónico: <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.PDF>
- Ercin , A. E., & Hoekstra, A. Y. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment International*, 64, pp. 71 - 82.
- Etex Group. (2014). *The strategic options of Etex*. Acesso em 03 de janeiro de 2014, disponível em <http://www.etexgroup.com/>
- European Committee for Standardization (CEN). (2013). *EN 15804: Sustainability of Construction Works – Environmental Product Declarations – Core Rules for the Product Category of Construction Products + amendment*. Brussels: European Committee for Standardization. Acesso em 16 de janeiro de 2016, disponível em http://environdec.com/en/PCR/Detail/?Pcr=10360#.VrVWv_mLS01
- European Commission (EC). (2007). *Reference Document on Best Available Techniques in Ceramic Manufacturing Industry*. Acesso em 21 de janeiro de 2014, disponível em Ceramic Manufacturing Industry: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf
- European Commission (EC). (2010a). *ILCD Handbook: General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. Acesso em 07 de outubro de 2013, disponível em EU Bookshop: http://bookshop.europa.eu/en/international-reference-life-cycle-data-system-ilcd-handbook-general-guide-for-life-cycle-assessment-detailed-guidance-pbLBNA24708/downloads/LB-NA-24708-EN-C/LBNA24708ENC_002.pdf;pgid=y8dIS7GUWMDsROEAlMEUUsWb0000ZpeJs5Sw;sid=L
- European Commission (EC). (2010b). *ILCD Handbook: Framework and requirements for LCIA models and indicators*. Acesso em 08 de outubro de 2013, disponível em European Platform on Life Cycle Assessment: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/2014/01/ILCD-Handbook-LCIA-Framework-Requirements-ONLINE-March-2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
- European Commission (EC). (2011a). *Analysis of Existing Environmental Footprint Methodologies for Products and Organizations: Recommendations, Rationale, and Alignment*. Acesso em 08 de outubro de 2013, disponível em European Commission - Environment - Sustainable Development: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Deliverable.pdf>
- European Commission (EC). (2011b). *ILCD Handbook: Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context - based on existing environmental impact assessment models and factors*. Acesso em 29 de outubro de 2013, disponível em European Platform on Life Cycle Assessment: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Recommendation-of-methods-for-LCIA-def.pdf>

- European Commission (EC). (2013). *Single Market for Green Products - Product Environmental Footprint*. Acesso em 09 de novembro de 2013, disponível em European Commission: <http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/index.htm>
- European Commission (EC). (2014). *Carbon Footprint - What it is and how to measure it*. Acesso em 11 de janeiro de 2016, disponível em European Platform on Life Cycle Assessment: [http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Carbon_Footprint-what_it_is_and_how_to_measure_it-JRC_IES-Feb09-b\[1\].pdf](http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Carbon_Footprint-what_it_is_and_how_to_measure_it-JRC_IES-Feb09-b[1].pdf)
- European Commission (EC). (2015a). *European Life Cycle Database*. Acesso em 21 de setembro de 2015, disponível em Joint Research Centre - European reference Life Cycle Database: http://eplca.jrc.ec.europa.eu/?page_id=126
- European Commission (EC). (2015b). *ELCD Version 3.2*. Acesso em 21 de setembro de 2015, disponível em Joint Research Centre - European reference Life Cycle Database: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/index.xhtml>
- European Commission (EC). (2015c). *Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods - Database and supporting information*. Acesso em 21 de setembro de 2015, disponível em European Platform on Life Cycle Assessment: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/LCIA-characterization-factors-of-the-ILCD.pdf>
- Fava, J. A., Denison, R., Jones, B., Curran, M., Vigon, B., Selke, S., & Barnum, J. (1991). *A technical framework for life-cycle assessments*. Washington D.C.: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- Georgakellos, D. (2005). Evaluation of Life Cycle Inventory Results Using Critical Volume Aggregation and Polygon-based Interpretation. *Journal of Cleaner Production*, 13(6), pp. 567 - 582.
- Goedkoop, M., Effting, S., & Collignon, M. (2000). *The Eco-indicator 99 - A damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment - Manual for Designers*. Acesso em 23 de março de 2015, disponível em PRé Consultants: http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf
- Guinée, J. (2001). Handbook on life cycle assessment — operational guide to the ISO standards. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 6(5), 255.
- Hauschild, M., & Potting, J. (2003). *Spatial differentiation in Life Cycle impact assessment - The EDIP2003 methodology*. Acesso em 25 de março de 2015, disponível em Institute for Product Development - Technical University of Denmark: <http://www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87-7614-579-4/pdf/87-7614-580-8.pdf>
- Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. *Value of Water Research Report Series No. 12*. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain. (2007). Water footprint of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21(1), pp. 35 - 48.

- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), pp. 1577 - 1600.
- Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E., & Richter, B. D. (2012). Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability. *PLoS ONE*, 7(2).
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aladaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard*. Acesso em 11 de janeiro de 2016, disponível em Water Footprint Network: <http://www.waterfootprint.org/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual.pdf>
- Høgevold, N. (2003). A corporate effort towards a sustainable business model: A case study from the Norwegian furniture industry. *European Business Review*, 23(4), pp. 392 - 400.
- Horng Jou Ceramics Co. (2011). *Product-Category Rules (PCR) for Preparing Environmental Product Declaration*. Acesso em 09 de março de 2015, disponível em PCR 2011 V.1.0: http://pcr-library.edf.org.tw/data/taiwan/EDF201201_EPD-PCR_Building%20products_Ceramic%20tiles.pdf
- Humbert, S., Margni, M., & Jolliet, O. (2005). *IMPACT2002+: User Guide*. Acesso em 26 de março de 2015, disponível em Industrial Ecology & Life Cycle Systems Group - Swiss Federal Institute of Technology Lausanne: http://www.sph.umich.edu/riskcenter/jolliet/IMPACT2002+/IMPACT2002+_UserGuide_for_v2.1_Draft_October2005.pdf
- Ibáñez-Forés, V., Bovea, M.-D., & Azapagic, A. (2013). Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tiles industry. *Journal of Cleaner Production*, 51, pp. 162 - 176.
- Ibáñez-Forés, V., Bovea, M.-D., & Simó, A. (2011). Life cycle assessment of ceramic tiles - Environmental and statistical analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(9), pp. 916 - 928.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Acesso em 17 de março de 2015, disponível em Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html
- ISO 14040:2006. (2006). *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and frameworks*. Geneva, Switzerland: ISO 14040:2006.
- ISO 14044:2006. (2006). *Environmental Management - Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines*. Geneva, Switzerland.
- Lourenço, J. F., Ferraz, E. J., & Coroado, J. P. (2005). *Metodologia para a determinação das vantagens de argamassas sob efeito pozolânico de metacaulinos*. Acesso em 12 de abril de 2015, disponível em APFAC Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção: <http://www.apfac.pt/congresso2005/comunicacoes/Paper%2049.pdf>

- Milne, M., Kearins, K., & Walton, S. (2006). Creating Adventures in Wonderland: The Journey Metaphor and Environmental Sustainability. *Organization*, 13, 801 - 839.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, pp. 4 - 13.
- Morelli, J. (2011). Environmental Sustainability: A Definition for Environmental Professionals. *Journal of Environmental Sustainability*, 1(1). Acesso em 08 de janeiro de 2014, disponível em <http://scholarworks.rit.edu/jes/vol1/iss1/2>
- Netto, J. E. (1941). Perda ao rubro das análises sumárias de terra. *Bragantia*, 1(5), pp. 433 - 440. Acesso em 15 de abril de 2015, disponível em Scielo - Bragantia: <http://www.scielo.br/pdf/brag/v1n5/02.pdf>
- Nicoletti, G. M., Notarnicola, B., & Tassielli, G. (2012). Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: ceramic versus marble tiles. *Journal of Cleaner Production*, 10(3), pp. 283 - 296.
- Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia. (2010). *Directiva 2010/75/UE relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição)*. Acesso em 21 de janeiro de 2014, disponível em EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:pt:PDF>
- Pelletier, N., Allacker, K., Pant, R., & Manfredi, S. (2014). The European Commission Organisation Environmental Footprint method: comparison with other methods, and rationales for key requirements. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, pp. 387 - 404.
- Pelletier, N., Maas, R., Goralczyk, M., & Wolf, M.-A. (2014). Conceptual basis for development of the European Sustainability Footprint. *Environmental Development*, 9, pp. 12 - 23.
- Pfister, S., Koehler, A., & Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science Technology*, 43(11), pp. 4098 - 4104.
- Pieragostini, C., Mussati, M. C., & Aguirre, P. (2012). On process optimization considering LCA methodology. *Journal of Environmental Management*, 96(1), 43 - 54.
- PlasticsEurope. (2011). *Eco-profiles and Environmental Product Declarations of the European Plastics Manufacturers Version 2.0*. Acesso em 04 de setembro de 2015, disponível em PlasticsEurope Association of Plastics Manufacturers: http://www.plasticseurope.org/documents/document/20110421141821-plasticseurope_eco-profile_methodology_version2-0_2011-04.pdf
- PlasticsEurope. (2015). *Eco-profiles Programme*. Acesso em 04 de setembro de 2015, disponível em PlasticsEurope Association of Plastics Manufacturers: <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/life-cycle-thinking-1746/eco-profiles-programme.aspx>
- Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. (2004). Acesso em 10 de agosto de 2015, disponível em Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDR):

https://www.ccdrc.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=149&Itemid=125

Portaria n.º 286/93. (1993). *Valores limites e valores guias no ambiente para o dióxido de enxofre, partículas em suspensão, dióxido de azoto e monóxido de carbono, o valor limite para o chumbo e os valores guias para o ozono*. Acesso em 06 de novembro de 2015, disponível em Diário da República Eletrónico:

<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/1993/03/060B00/11691177.pdf>

Portaria n.º 675/2009. (2009). *Valores limite de emissão de aplicação geral (VLE gerais) aplicáveis às instalações abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 78/2004, de 3 de Abril*. Acesso em 06 de novembro de 2015, disponível em Diário da República Eletrónico:

<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2009/06/11900/0410804111.pdf>

Portaria n.º 80/2006. (2006). *Limiares mássicos máximos e mínimos de poluentes atmosféricos*. Acesso em 06 de novembro de 2015, disponível em Diário da República Eletrónico:

<https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/01/016B00/05130515.pdf>

PRé Consultants B.V. (2013). *Introduction to LCA with SimaPro*. Acesso em 09 de março de 2015, disponível em PRé Sustainability: <http://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>

PRé Consultants B.V. (2015a). *SimaPro Database Manual: Methods library*. Acesso em 23 de março de 2015, disponível em PRé Sustainability: <http://www.pre-sustainability.com/download/DatabaseManualMethods.pdf>

PRé Consultants B.V. (2015b). *About SimaPro*. Acesso em 09 de setembro de 2015, disponível em SimaPro: <http://simapro.com/about/>

PRé Consultants B.V. (2015c). *About PRé Company values*. Acesso em 09 de setembro de 2015, disponível em PRé Sustainability: www.pre-sustainability.com/about-pre

PRé Consultants B.V. (2015d). *SimaPro World's Leading LCA Software*. Acesso em 09 de setembro de 2015, disponível em PRé Sustainability: <http://www.pre-sustainability.com/simapro>

PRé Consultants B.V. (2015e). *Licences*. Acesso em 09 de setembro de 2015, disponível em SimaPro: <http://simapro.com/licences/#/business>

PRé Consultants B.V. (2015f). *SimaPro 7 Database Manual The ETH-ESU 96 libraries*. Acesso em 10 de setembro de 2015, disponível em ETH-ESU 96 - SIMAPRO AND PRE CONSULTANTS: <https://www.yumpu.com/en/document/view/11461855/eth-esu-96-simapro-and-pre-consultants>

PRé Consultants B.V. (2015g). *Try SimaPro*. Acesso em 10 de setembro de 2015, disponível em SimaPro: <https://simapro.com/try/>

PRé Consultants B.V. (2015h). *ELCD, the European life cycle database*. Acesso em 21 de setembro de 2015, disponível em <https://simapro.com/databases/elcd/>

- Rees, W. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4, pp. 121 - 130.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F., Lambin, E., . . . Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, pp. 472 - 475.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., . . . Chen, Z. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis IPCC Fourth Assessment Report*. Acesso em 17 de março de 2015, disponível em Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm
- Souza, D. M., LaFontaine, M., Charron-Doucet, F., Bengoa, X., Chappert, B., Duarte, F., & Lima, L. (2015). Comparative Life Cycle Assessment of ceramic versus concrete roof tiles in the Brazilian context. *Journal of Cleaner Production*, 89, pp. 165 - 173.
- Steen, B. (1999). *General system characteristics and models and data of the default methods - A Systematic Approach to Environmental Strategies in Product Development (EPS)*. Acesso em 25 de março de 2015, disponível em Centre for Environmental Assessment of Products and Material Systems - Chalmers University of Technology, Technical Environmental Planning: http://www.cpm.chalmers.se/document/reports/99/1999_4.pdf
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories (SCLCI). (2015a). *Database - Why ecoinvent?* Acesso em 07 de setembro de 2015, disponível em Ecoinvent Centre: <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories (SCLCI). (2015b). *The ecoinvent database*. Acesso em 07 de setembro de 2015, disponível em Ecoinvent Centre: <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>
- Swiss Centre for Life Cycle Inventories (SCLCI). (2015c). *Discover ecoinvent version 3*. Acesso em 07 de setembro de 2015, disponível em Ecoinvent Centre: http://www.ecoinvent.org/files/ecoinvent3_intro_presentation_20130506.pdf
- Tavares, S. T., Castañeda, C., & Soares, A. C. (2005). A Importância da Caracterização Química e Mineralógica do Feldspato para a sua Utilização na Indústria Cerâmica e Vidreira. *Cerâmica Industrial*, 10(4), pp. 22 - 27.
- Umbelino Monteiro. (2013a). *Produtos*. Acesso em 29 de novembro de 2013, disponível em Umbelino Monteiro: <http://www.umbelino.pt/client/skins/portuguese/produtos.asp?cat=14>
- Umbelino Monteiro. (2013b). *Empresa*. Acesso em 18 de dezembro de 2013, disponível em Umbelino Monteiro: <http://www.umbelino.pt/client/skins/portuguese/geral.asp?tipo=detalheestrito&cat=1>
- Umbelino Monteiro. (2013c). *História*. Acesso em 17 de dezembro de 2013, disponível em Umbelino Monteiro: <http://www.umbelino.pt/client/skins/portuguese/historia.asp?page=113>

- Umbelino Monteiro. (2013d). Manual do Sistema de Gestão Integrado. Meirinhas: Umbelino Monteiro, S.A. Acesso em 16 de dezembro de 2013 (Documento interno).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2012). *Global environment outlook GEO 5: Environment for the future we want*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Program.
- Universidade de Aveiro. (2011). *Caraterização dos Materiais Silto-Argilosos dos Barreiros de Bustos*. Universidade de Aveiro, Departamento de geociências. Aveiro: Argex - Argila expandida S.A. Acesso em 12 de abril de 2015, disponível em Só Argilas Comércio de barro: http://www.soargilas.pt/documentos/Caracterizacao_Argilas_Soargilas.pdf
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global Water Resources: Vulnerability from Climate Change and Population Growth. *Science*, 289(5477), pp. 284 - 288.
- Wackernagel, M. (1994). *Ecological footprint and appropriated capacity: a tool for planning toward sustainability (PhD thesis)*. Vancouver, Canada: School of Community and Regional Planning. The University of British Columbia.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A., Falfán, I., García, J., . . . Guerrero, M. (junho de 1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 29, pp. 375 - 390.
- Weidema, B. P., Bauer, C., Hischer, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., . . . Wernet, G. (2013). *Overview and methodology - Data quality guideline for the ecoinvent database version 3*. Acesso em 19 de agosto de 2015, disponível em Ecoinvent Centre: http://www.ecoinvent.org/files/dataqualityguideline_ecoinvent_3_20130506.pdf
- Wenzel, H., Hauschild, M., & Alting, L. (1997). *Environmental Assessment of Products - Methodology, Tools and Case Studies in Product Development (Vol. 1)*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Whiteman, G., Walker, B., & Perego, P. (2013). Planetary Boundaries: Ecological Foundations for Corporate Sustainability. *Journal of Management Studies*, 50, pp. 307 - 336.
- World Resources Institute (WRI) and the World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2011). *GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. USA: World Resources Institute.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Apêndices

Apêndice I – Exemplo ilustrativo dos requisitos de qualidade dos dados

O presente quadro apresenta um exemplo ilustrativo dos parâmetros considerados para a realização da avaliação semiquantitativa da qualidade dos dados, portanto assume-se como a base da avaliação da qualidade dos dados (Biemann, Recchioni, & Mathieux, 2013).

Pontos	TeR	GR	TiR	C	P	M
1	O mesmo processo e/ou tecnologia	Dados específicos do país	<3 anos	>90%	≤10%	Plena conformidade dos requisitos
2	Tecnologia média específica	UE 27 mix	3-5 anos	80-90%	10-20%	Cumprimento dos 3 requisitos **
3	Tecnologia média	Países da UE	5-10 anos	70-80%	20-30%	2 de 3
4	Produtos similares	Outros países	10-15 anos	50-70%	30-50%	1 de 3
5	N.D.	Global ou n.d.	>15 anos ou n.d. **	<50% ou n.d.	>50% ou n.d.	Nenhum

* n.d. – não definido ou desconhecido

**atribuição E

1) Tratamento da multifuncionalidade

2) Modelização de fim-de-vida de acordo com a ISO 14040/14044:2006

3) Limites do sistema 'cradle-to-grave'

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexos

Anexo I – Principais requisitos e princípios para o desenvolvimento da estrutura do relatório principal sobre a PAP com base no quadro metodológico ACV.

Anexo II – Nomenclatura *ILCD* para as designações comuns dos fluxos complexos, compreendendo entradas e saídas do sistema.

Anexo III – Determinação do código dos resíduos, segundo a “lista de resíduos” e da operação associada aos resíduos produzidos na unidade de produção em 2013.

Anexo IV – Comparação dos valores do ICV do caso de estudo com os do CTCV (2009).

Anexo V – Determinação do nível sonoro médio de longa duração e critério de incomodidade.

Anexo VI - Caracterização quantitativa dos efluentes gasosos emitidos através das fontes fixas determinadas em função do interesse do presente estudo – o forno e a estufa.

Anexo VII - Avaliação semiquantitativa da qualidade de dados para as séries de dados de ICV.

Anexo VIII - Resultados obtidos para as opções aplicáveis ao processo de utilização de paletes e aos transportes (análises de sensibilidade).

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no *BREF* relativo ao fabrico de produtos cerâmicos em termos genéricos e o respetivo estado de implementação.

Anexo I – Principais requisitos e princípios para o desenvolvimento da estrutura do relatório principal sobre a PAP com base no quadro metodológico ACV.

O relatório principal sobre a PAP deve cumprir certos requisitos e princípios, na medida do que seja possível, para que o relatório seja desenvolvido em conformidade/concordância com as fases metodológicas da norma ISO 14044:2006, com este intuito neste devem constar os seguintes itens:

I. Objetivo do estudo

- Aplicações previstas;
- Limitações relativas à aplicação da metodologia ou às categorias de impacto;
- Motivação do estudo;
- Público-alvo com opção de suporte a afirmações comparativas para divulgação ao público;
- RCPAP de referência;
- Entidade adjudicatária.

II. Âmbito do estudo

- Unidade de análise e fluxo de referência (sistema de produto estudado);
- Nível de qualidade esperada;
- Limites do sistema;
- Pressupostos baseados no critérios de corte e procedimentos de alocação;
- Representatividade de dados;
- Categorias, indicadores e modelos de impacto ambiental
- Formato do relatório requerido pelo estudo.

III. Compilação e registo do perfil de utilização dos Recursos e Emissões (ICV)

- Procedimentos de recolha de dados;
- Descrição dos processos unitários;
- Procedimentos de cálculo;
- Validação de dados;
- Critérios de exclusão.

IV. Cálculo dos resultados da avaliação de impacto da PAP (AICV)

- Procedimentos de avaliação de impacto;
- Avaliação de impacto de ciclo de vida (Cálculos e resultados do estudo sobre a PAP);
- Possibilidade de eventuais exclusões;
- Informações ambientais adicionais;
- Informações sobre a armazenagem de carbono nos produtos (informações adicionais);
- Informações sobre emissões adiadas (informações adicionais).

V. Interpretação

- Avaliação da qualidade dos dados;
- Avaliação da solidez do método PAP;
- Identificação de pontos críticos;
- Estimativa de incertezas;
- Conclusões;
- Recomendações;
- Limitações.

Anexo II – Nomenclatura *ILCD* para as designações comuns dos fluxos complexos, compreendendo entradas e saídas do sistema.

Designação comum	Designação <i>ILCD</i>
Entradas	
Recursos	
Água do furo	«Resources, Resources from water, Renewable material resources from water, Groundwater»
Matérias-primas	
Argila	«Materials production", "Other mineral materials", "Clay", "Mining, Standard fulfilled", "Production mix, to wholesale", "CAS 1332-58-7"»
Areia	«Materials production", "Other mineral materials", "Sand", "mining, standard fulfilled", "Production mix, to wholesale", "CAS 14808-60-7"»
Carbonato de bário líquido	«Materials production", "Other mineral materials", "Whiterite", "Crushed, washed", "Production mix, to consumer", "CAS 513-77-9"»
Feldspato	«Materials production", "Other mineral materials", "Feldspar", "Mining, Separation by floating", "Production mix, at plant", "CAS 068476-25-5"»
Materiais e combustíveis	
Água da rede	«Materials production", "Water", "Tap water", "Water conventional treatments", "Production mix, to consumer", "CAS 7732-18-5"»
Paletes	«Materials production", "Wood", "EUR-Pallet", "Construction", "Production mix, to consumer", "21,3 kg/unit"»
Placas de espuma em poliuretano	«Materials production", "Plastics", "Polyurethane, flexible foam", "Polymerization, Extrusion", "Production mix, at point-of-sale", "0,1 kg/unit"»
Cinta plástica em polipropileno	«Materials production", "Plastics", "Polypropylene", "Polymerization, Extrusion", "Production mix, at point-of-sale", "0,0064 kg/m"»
Filme em polietileno de baixa densidade	«Materials production", "Plastics", "Polyethylene low density foil", "Polymerization, Extrusion", "Production mix, at point-of-sale", "CAS 9002-88-4"»
Óleos lubrificantes	«Materials production", "", "Lubricant oil", "Distillation", "Production mix, to consumer", "CAS 72623-87-1", «Materials production", "Inorganic chemicals", "Aluminum chloride", "Electrolysis/Synthesis", "Production mix, at point-of-sale", "17,5% Al ₂ O ₃ "»
Cloreto de alumínio	«Materials production", "Inorganic chemicals", "Hydrochloric acid", "Electrolysis", "Production mix, at point-of-sale", "33% HCl"»
Ácido clorídrico	«Materials production", "Organic chemicals", "Sodium hydroxide", "Electrolysis", "Production mix, at point-of-sale", "CAS 1310-73-2"»
Hidróxido de sódio	«Materials production", "Glass and ceramics", "Clay plaster", "Calcination", "Production mix, at point-of-sale", "90% CaSO ₄ "»
Gesso	«Energy carriers and technologies", "Crude oil based fuels", "Diesel", "Distillation", "Production mix, to consumer", "43,07 GJ/t"»
Gasóleo	

Anexo II – Nomenclatura ILCD para as designações comuns dos fluxos complexos, compreendendo entradas e saídas do sistema (continuação).

Designação comum	Designação ILCD
Entradas	
Materiais e combustíveis (continuação)	
Transporte de carga, veículo comercial ligeiro	«"Transport services", "Road", "Freight, Light commercial vehicle", "interurban, one-way"»
Transporte de carga, camiões 16-32 t, EURO 3	«"Transport services", "Road", "Freight, Lorry", "16-32 t", "EURO3"»
Eletricidade e calor	
Eletricidade	«"Energy carriers and technologies", "Electricity", "Electricity mix AC", "Consumption mix, to consumer", "1 kV - 60 kV"»
Gás natural	«"Energy carriers and technologies", "Natural gas based fuels", "Natural gas burned in industrial furnace", "Fan burners (modulating or non-modulating, non-condensing)", "Production mix, to consumer", "38,44 GJ/t"»
Saídas	
Emissões para a água	
CQO	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Other substance type"»
CBO ₅	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Other substance type"»
Sólidos Suspensos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Other substance type"»
Nitratos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Azoto amoniacal	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Óleos e gorduras	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Other substance type"»
Óleos minerais	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Other substance type"»
Hidrocarbonetos totais	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Acyclic organics"»
Azoto total	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Inorganic covalent compounds"»
Fósforo total	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Inorganic covalent compounds"»
Detergentes	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Inorganic covalent compounds"»
Sulfuretos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Fenóis	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Sulfatos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Inorganic covalent compounds"»
Arsénio	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Chumbo	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Cádmio	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»

Anexo II – Nomenclatura ILCD para as designações comuns dos fluxos complexos, compreendendo entradas e saídas do sistema (continuação).

Designação comum	Designação ILCD
Saídas	
Emissões para a água	
Crómio	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Crómio hexavalente	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Alumínio	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Ferro	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Manganês	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Cobre	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Níquel	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Mercúrio	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Metal and semimetal elements and ions"»
Cianetos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Cloro total	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Sulfitos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Non-metallic or semimetallic ions"»
Aldeídos	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Formaldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Acetaldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Butiraldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Benzaldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Glutaraldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Propionaldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Valeraldeído	«"Emissions", "Emissions to water", "Emissions to water, unspecified", "Cyclic organics"»
Resíduos e emissões para tratamento	
Resíduos inertes	«"End-of-life treatment", "Landfilling", "Inert waste", "Treatment of inert waste, deposited", "20 03 01, D1"»
Lamas de óleo	«"End-of-life treatment", "Other end-of-life services", "Hazardous waste, oil sludge treatment", "Incineration", "13 05 02, D9"»
Águas residuais	«"End-of-life treatment", "Waste water treatment", "Water treatment", "Conventional water treatment", "13 05 07, D9"»
Resíduos perigosos	«"End-of-life treatment", "Landfilling", "Treatment of hazardous waste", "Incineration", "15 01 10, D15"»

Anexo III – Determinação do código dos resíduos, segundo a “lista de resíduos” e da operação associada aos resíduos produzidos na unidade de produção em 2013.

	Resíduos	Código LER	Operação
Valorização interna	Resíduos da preparação da mistura	10 12 01	R5
	Partículas e poeiras	10 12 03	R5
	Lamas tratamento local efluentes	10 12 13	R5
	Resíduos do fabrico de peças cerâmicas	10 12 08	R5/R13
	Óleos usados	13 01 10	R9
	Papel e cartão	20 01 01	R5
	Resíduos Industriais Banais	20 03 01	D1/D15
	Embalagens de plástico	15 01 02	R13
	Embalagens de cartão	15 01 01	R13
	Madeira	15 01 01	R3
	Sucata Metálica	20 01 40	R4/R13
	Refratário	16 11 06	R5/R13
	Gesso não contaminado	10 12 06	R5
	Lamas ETARi	10 12 13	R5
	Lamas SH	13 05 02	D9/D15
	Águas SH	13 05 07	D9/R13
	Absorventes contaminados	15 02 02	D15
	Filtros de óleo	16 01 07	R13
	Óleos usados	13 02 08	R9
	Resíduos de solventes	14 06 03	R13
	Embalagens contaminadas	15 01 10	D15/R13
	Massas lubrificantes	13 05 02	D15/R9
	Sprays	15 01 11	D15/R13
	Cabos Elétricos	16 02 16	R13
	Resíduos de construção e demolição (RCD)	17 01 07	R13
	Lâmpadas	20 01 21*	R13
	Pneus usados	16 01 03	R13

D1 — Deposição sobre o solo ou no seu interior (por exemplo, aterro sanitário).

D9 — Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do código LER que produz compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D1 a D12 (por exemplo, evaporação, secagem, calcinação, etc.).

D15 — Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efetuada).

R3 — Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas).

R4 — Reciclagem/recuperação de metais e de ligas.

R5 — Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas.

R9 — Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos.

R13 — Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efetuada).

Anexo IV – Comparação dos valores do ICV do caso de estudo com os do CTCV (2009).

Entradas		
Recursos	Valor	Unidade
Água do furo	2,71E-03	m ³
Matérias-primas		
Argila	4,26E+01	kg
Areia	4,74E+00	kg
Materiais e combustíveis		
Água da rede	9,91E-01	kg
Paletes	4,17E-02	p
Placas de espuma em poliuretano	4,17E-03	kg
Cinta plástica em polipropileno	1,39E-02	kg
Filme em polietileno de baixa densidade	4,87E-02	kg
Óleos lubrificantes	7,72E-03	kg
Gesso	3,55E-02	kg
Gasóleo	4,47E-02	kg
Transporte de carga, veículo comercial ligeiro	2,07E-11	tkm
Transporte de carga, camiões 16-32 t, EURO 3	3,15E-04	tkm
Eletricidade e calor		
Eletricidade	3,36E+00	kWh
Gás natural	5,02E-05	TJ
Saídas		
Emissões para a água		
CQO	1,31E-06	kg
Sólidos Suspensos	7,32E-07	kg
Óleos e gorduras	6,26E-08	kg
Resíduos e emissões para tratamento		
Resíduos inertes	7,21E-03	kg
Lamas de óleo	1,58E-03	kg
Resíduos perigosos	5,86E-04	kg

Anexo V – Caracterização dos níveis sonoros médios de longa duração e critério de incomodidade.

Local	Parâmetro	Resultados (dB(A)) Valores limite	
		Amostra 1	Amostra dois
Ponto 1	Indicador diurno-entardecer-noturno (Lden)	56,6	57,4
	Indicador noturno (Ln)	48,6	48,5
	Diurno	1,6	4,1
	Incomodidade Entardecer	2,5	1,8
	Noturno	2,6	2,5
Ponto 2	Indicador diurno-entardecer-noturno (Lden)	51,6	51,3
	Indicador noturno (Ln)	N.A.	43,8
	Diurno	3,4	1,1
	Incomodidade Entardecer	0,9	2,4
	Noturno	0,9	1,2
Ponto 3	Indicador diurno-entardecer-noturno (Lden)	53,1	53,2
	Indicador noturno (Ln)	46,1	46,0
	Diurno	1,7	2,4
	Incomodidade Entardecer	4,1	4,4
	Noturno	2,6	2,5
Ponto 4	Indicador diurno-entardecer-noturno (Lden)	49,1	50,2
	Indicador noturno (Ln)	41,8	43,1
	Diurno	0,6	1,7
	Incomodidade Entardecer	≤0,0	≤0,0
	Noturno	N.A.	N.A.
Ponto 5	Indicador diurno-entardecer-noturno (Lden)	60,3	60,8
	Indicador noturno (Ln)	49,6	49,4
	Diurno	1,0	2,2
	Incomodidade Entardecer	1,7	0,2
	Noturno	2,8	2,6

N.A. (Não aplicável) – os valores obtidos são iguais ou inferiores a 45 dB(A) para medições no exterior, de acordo com o ponto n.º 5 do Art. 13º do Decreto-Lei n.º 9/2007.

Anexo VI - Caracterização quantitativa dos efluentes gasosos emitidos através das fontes fixas determinada em função do interesse do presente estudo – forno.

Data de amostragem: 12/06/2013

Forno - Linha 2		Resultados (dB(A))		Valores limite		
Parâmetro	Unidades	Medição	Incerteza	VLE	LMm	LMM
Partículas						
Concentração	mg/Nm ³	18,6	±0,3			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	16	±1	150		
Caudal mássico	kg/h	0,31	±0,03		0,5	5
Isocinetismo	%	100				
Fluoretos (F-)						
Concentração	mg/Nm ³	1,7	±0,2			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	6,5	±0,9	50		
Caudal mássico	kg/h	0,028	±0,004		0,05	0,5
Isocinetismo	%	100				
Compostos Orgânicos (Carbono Total)						
Concentração	mg/Nm ³	11	±0,5			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	10	±1	200		
Caudal mássico	kg/h	0,18	±0,02		2	30

LMm e LMM – limiar mássico mínimo e máximo, respetivamente, conforme a Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro.

Data de amostragem: 07/11/2013

Forno - Linha 2		Resultados (dB(A))		Valores limite		
Parâmetro	Unidades	Medição	Incerteza	VLE	LMm	LMM
Partículas						
Concentração	mg/Nm ³	10,3	±0,4			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	7,2	±0,4	150		
Caudal mássico	kg/h	0,18	±0,02		0,5	5
Isocinetismo	%	99				
Fluoretos (F-)						
Concentração	mg/Nm ³	16,2	±2,0			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	49,0	±6,5	50		
Caudal mássico	kg/h	0,28	±0,04		0,05	0,5
Isocinetismo	%	99				
Compostos Orgânicos (Carbono Total)						
Concentração	mg/Nm ³	10	±0,5			
Concentração corrigida - O ₂ de ref.	mg/Nm ³ 18% O ₂	7,0	±0,5	200		
Caudal mássico	kg/h	0,17	±0,02		2	30

LMm e LMM – limiar mássico mínimo e máximo, respetivamente, conforme a Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro.

Anexo VI - Caracterização quantitativa dos efluentes gasosos emitidos através das fontes fixas determinada em função do interesse do presente estudo – forno (continuação).

Data de amostragem: 27-12-2011

Forno - Linha 2		Resultados (dB(A))		Valores limite		
Parâmetro	Unidades	Medição	Incerteza	VLE	LMm	LMM
Partículas						
Concentração	mg/Nm ³	27	±3			
Concentração corrigida - O ₂ de referência	mg/Nm ³ 18% O ₂	22	±3	150		
Caudal mássico	kg/h	0,63	±0,07		0,5	5
Isocinetismo	%	102				
Monóxido de carbono (CO)						
Concentração	mg/Nm ³	15	±3			
Concentração corrigida - O ₂ de referência	mg/Nm ³ 18% O ₂	12	±3	1000		
Caudal mássico	kg/h	0,3	±0,1		5	100
Óxidos de Azoto (NOx)						
Concentração	mg/Nm ³	74	±24			
Concentração corrigida - O ₂ de referência	mg/Nm ³ 18% O ₂	60	±20	1500		
Caudal mássico	kg/h	1,7	±0,6		2	30
Cloretos (Cl)						
Concentração	mg/Nm ³	<5	±1			
Concentração corrigida - O ₂ de referência	mg/Nm ³ 18% O ₂	<4	±1	250		
Caudal mássico	kg/h	0,12	±0,02		0,3	3
Compostos Orgânicos (Carbono Total)						
Concentração	mg/Nm ³	4	±1			
Concentração corrigida - O ₂ de referência	mg/Nm ³ 18% O ₂	3	±1	200		
Caudal mássico	kg/h	0,10	±0,01		2	30

LMm e LMM – limiar mássico mínimo e máximo, respetivamente, conforme a Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro.

Anexo VI - Caracterização quantitativa dos efluentes gasosos emitidos através das fontes fixas determinadas em função do interesse do presente estudo – estufa (continuação).

Data de amostragem: 30-05-2012

Estufa - Linha 2 Parâmetro	Unidades	Resultados (dB(A))		Valores limite		
		Medição	Incerteza	VLE	LMm	LMM
Partículas						
Concentração	mg/Nm ³	<2		150		
Caudal mássico	kg/h	<0,01			0,5	5
Isocinetismo	%	105				
Monóxido de Carbono (CO)						
Concentração	mg/Nm ³	<6		-		
Caudal mássico	kg/h	<0,04			5	100
Óxidos de Azoto (NOx)						
Concentração	mg/Nm ³	<14		500		
Caudal mássico	kg/h	<0,1			2	30
Compostos Orgânicos (Carbono Total)						
Concentração	mg/Nm ³	4.0	±0,4	200		
Caudal mássico	kg/h	0,03	±0,01		2	30

LMm e LMM – limiar mássico mínimo e máximo, respetivamente, conforme a Portaria n.º 80/06 de 23 de janeiro.

Anexo VII - Avaliação semiquantitativa da qualidade de dados para as séries de dados de ICV.

Elementos da qualidade dos dados									
Parâmetro	Nível de qualidade (DQR)	Classificação de qualidade	Definição	Representatividade			Exaustividade	Adequação metodológica conformidade e coerência	Precisão/ Incerteza
				Tecnológica	Geográfica	Temporal			
Matérias-primas									
Argila	2,7	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	5	2	1	2	3
Areia	2,7	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	5	2	1	2	3
Carbonato de bário	2,5	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	2	2	3	3
Feldspato	2,5	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	3	1	3	3
Materiais e combustíveis									
Água da rede	2,8	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	4	4	2	3	2	2
Paletes	2,7	Bom	Cumprido o critério num nível aceitável, mas deve ser melhorada.	3	2	2	3	3	3
Placas de espuma	2,3	Bom	Cumprido o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	2	2	2	3

Anexo VII - Avaliação semiquantitativa da qualidade de dados para as séries de dados de ICV (continuação).

Parâmetro	Nível de qualidade (DQR)	Classificação de qualidade	Definição	Representatividade			Exaustividade	Adequação metodológica conformidade e coerência	Precisão/ Incerteza
				Tecnológica	Geográfica	Temporal			
Materiais e combustíveis (continuação)									
Cinta plástica	2,8	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	4	2	3	3
Filme/Manga plástica	2,3	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	2	2	2	3
Óleos lubrificantes	2,5	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	2	2	3	3
Cloreto de alumínio (RIFLOC)	2,78	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	4	2	2	3	3
Ácido clorídrico	2,5	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	2	2	2	3	3	3
Hidróxido de sódio (Soda cáustica)	2,5	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	3	1	3	3

Anexo VII - Avaliação semiquantitativa da qualidade de dados para as séries de dados de ICV (continuação).

Parâmetro	Nível de qualidade (DQR)	Classificação de qualidade	Definição	Representatividade			Exaustividade	Adequação metodológica conformidade e coerência	Precisão/ Incerteza
				Tecnológica	Geográfica	Temporal			
Materiais e combustíveis (continuação)									
Gesso	2,8	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	4	2	3	2	3
Gasóleo	2,5	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	2	2	2	3	2	4
Transporte de carga - ligeiros comerciais	2,7	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	2	2	2	3	4
Transporte de carga - pesados de mercadorias	2,7	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	4	2	2	2	2	4
Eletricidade e calor									
Eletricidade	1,3	Excelente	Cumprir o critério num grau muito elevado sem necessidade de melhoria.	2	2	1	1	1	1
Gás natural	2,3	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	2	2	3	2	2	3

Anexo VII - Avaliação semiquantitativa da qualidade de dados para as séries de dados de ICV (continuação).

Parâmetro	Nível de qualidade (DQR)	Classificação de qualidade	Definição	Representatividade			Exaustividade	Adequação metodológica conformidade e coerência	Precisão/ Incerteza
				Tecnológica	Geográfica	Temporal			
Resíduos									
Resíduos inertes (Cacos secos, partículas e poeiras)	3,0	Razoável	Cumprir o critério num nível aceitável, mas deve ser melhorada.	3	4	2	3	4	2
Lamas de óleo (óleos sintéticos de motores, transmissões e lubrificação)	2,2	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	1	2	4	2	2	2
Águas residuais (Lamas de tratamento de efluente no local)	2,3	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	4	2	1	2	2
Resíduos perigosos (Outros solventes e misturas)	2,3	Bom	Cumprir o critério a um nível elevado, com pouca necessidade significativa de melhoria.	3	4	2	1	2	2

Anexo VIII - Resultados obtidos para as opções aplicáveis ao processo de utilização de paletes e aos transportes - análises de sensibilidade.

Categorias de impacto ambiental	Unidade	Palete 1	Palete 2
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	3,37E-02	2,33E-01
Destruição da camada de ozono	kg CFC-11 eq	3,70E-09	1,59E-08
Toxicidade humana – efeitos cancerígenos	CTUh	2,41E-09	2,05E-08
Toxicidade humana – efeitos não cancerígenos	CTUh	9,57E-09	4,52E-08
Partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas	kg PM _{2.5} eq	6,65E-05	2,07E-04
Radiações ionizantes – efeitos na saúde humana	kg U ²³⁵ eq	4,23E-03	6,47E-02
Formação fotoquímica de ozono	kg NMVOC eq	2,32E-04	1,79E-03
Acidificação	mol H ⁺ eq	2,43E-04	1,31E-03
Eutrofização - terrestre	mol N eq	6,67E-04	3,69E-03
Eutrofização - aquática (água doce)	kg P eq	7,47E-06	8,42E-05
Eutrofização - aquática (água do mar)	kg N eq	3,29E-03	3,63E-04
Ecotoxicidade para a água doce	CTUe	1,58E-01	1,08E+00
Transformação do solo	kg C deficit	1,16E+00	8,34E+00
Esgotamento dos recursos - água	m ³ água eq	3,88E-05	1,47E-03
Esgotamento dos recursos - minerais, fósseis	kg Sb eq	2,44E-07	2,32E-06

1) EUR-flat pallet {RER} production Alloc Def, U

2) EUR-flat pallet/RER U

Anexo VIII - Resultados obtidos para as opções aplicáveis ao processo de utilização de paletes e aos transportes - análises de sensibilidade (continuação).

Categorias de impacto ambiental	Unidade	EURO 3 ¹⁾	EURO 4 ²⁾	EURO 5 ³⁾	EURO 6 ⁴⁾
Alterações climáticas	kg CO ₂ eq	4,38E-05	2,00E-05	4,39E-05	4,29E-05
Destruição da camada de ozono	kg CFC-11 eq	8,20E-12	3,68E-12	8,12E-12	7,94E-12
Toxicidade humana - efeitos cancerígenos	CTUh	8,87E-14	3,18E-14	7,54E-14	7,40E-14
Toxicidade humana – efeitos não cancerígenos	CTUh	1,03E-11	3,73E-12	1,01E-11	1,01E-11
Partículas em suspensão/matérias inorgânicas inaladas	kg PM _{2.5} eq	2,97E-08	8,95E-09	2,25E-08	2,07E-08
Radiações ionizantes – efeitos na saúde humana	kg U ²³⁵ eq	3,12E-06	1,40E-06	3,08E-06	3,02E-06
Formação fotoquímica de ozono	kg NMVOC eq	3,49E-07	9,10E-08	1,44E-07	5,52E-08
Acidificação	mol H ⁺ eq	2,96E-07	8,79E-08	1,52E-07	8,57E-08
Eutrofização - terrestre	mol N eq	1,36E-06	3,49E-07	5,30E-07	1,54E-07
Eutrofização – aquática (água doce)	kg P eq	4,82E-10	2,16E-10	4,78E-10	4,67E-10
Eutrofização – aquática (água do mar)	kg N eq	1,28E-07	3,37E-08	5,23E-08	1,79E-08
Ecotoxicidade para a água doce	CTUe	2,13E-04	7,76E-05	2,13E-04	2,13E-04
Transformação do solo	kg deficit	3,76E-07	1,68E-07	3,72E-07	3,64E-07
Esgotamento dos recursos – água	m ³ água eq	8,27E-09	3,71E-09	8,19E-09	8,01E-09
Esgotamento dos recursos – minerais, fósseis	kg Sb eq	8,95E-12	4,01E-12	8,86E-12	8,67E-12

1) Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO3 | Alloc Def, U

2) Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}| transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 | Alloc Def, U

3) Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Alloc Def, U

4) Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO6 | Alloc Def, U

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.1. Sistema de gestão ambiental	Implementação e adesão a um SGA (Secção 4.7.)	A UM tem implementado, desde 2011, um SGA de acordo com a norma NP EN ISO 14001:2012 e certificado pela CERTIF, novamente, em 2013/02/13.
5.1.2. Consumos de energia	a) Redução dos consumos de energia através da aplicação de uma combinação das seguintes técnicas: Conceção do forno e secador (Secção 4.4.1.)	
	Controlo automático dos circuitos de secagem.	Técnica implementada, a UM procede ao controlo automático da combustão quer dos secadores quer dos fornos.
	Controlo automático da humidade e temperatura dentro do secador.	Técnica implementada.
	Em secadores, instalação de ventiladores de impulsão distribuídos em zonas com uma contribuição térmica independente (ajustável por zonas), para obter a temperatura necessária.	Técnica implementada.
	Melhor selagem de fornos, por ex., cobertura metálica, utilização de areia ou água como vedantes em fornos de túnel e em fornos intermitentes, resultando numa redução das perdas de calor.	Técnica implementada.
	Melhor isolamento térmico dos fornos, por ex., através da utilização de revestimentos isolantes refratários ou de fibras cerâmicas (lã mineral), decorrendo numa redução das perdas de calor.	Técnica implementada.
	Melhores revestimentos refratários nos fornos e dos vagões dos fornos reduzem o tempo de arrefecimento e melhoram as perdas de calor associadas (perdas à saída).	Técnica implementada.
	A utilização de queimadores de alta velocidade melhora a eficiência de combustão e da transferência de calor.	Técnica implementada.
	A substituição de fornos antigos por fornos em túnel novos, maiores em tamanho e largura, ou com a mesma capacidade ou – se o processo de fabrico o permitir – fornos de cozedura rápida (por ex., fornos de rolos), pode levar à redução de consumos específicos.	Técnica não implementada, deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.2. Consumos de energia	Controlo interativo informatizado dos regimes de cozedura dos fornos resulta numa redução do consumo de energia e também numa diminuição das emissões dos poluentes atmosféricos.	Técnica implementada.
	Reduzir a utilização de auxiliares de cozedura e/ou a utilização de auxiliares de cozedura feitos de químicos orgânicos especiais (SiC)/superligas contribui para a redução dos consumos de energia de aquecimento do sistema na fase de cozedura. Também podem ser aplicados auxiliares de cozedura efetuados com SiC aos fornos de rolos com tecnologia de cozedura rápida.	Não aplicável.
	A otimização (minimização) da passagem entre a estufa e o forno, para além da utilização da zona de pré-aquecimento para o término do processo de secagem – se o processo de fabrico permitir – evita o arrefecimento desnecessário do material seco antes do processo de cozedura.	Técnica implementada.
	Reduzir o caudal do fluxo de ar no caso do forno rotativo no fabrico de agregados de argila expandida pode reduzir o consumo de energia.	Não aplicável.
	I. Recuperação de excesso de calor do forno, especialmente da zona de arrefecimento (em particular, o excesso de calor do forno, sob a forma de ar quente pode ser utilizado nas estufas) (Secção 4.1.2.).	Técnica implementada.
	II. Aplicar a troca de combustíveis no processo de cozedura (substituição de fuelóleo pesado e combustíveis sólidos por combustíveis de baixa emissão) (Secção 4.1.4.).	Técnica implementada.
	III. Modificações nos materiais cerâmicos (Secção 4.1.5.).	Técnica não implementada, devem ser estudadas novas práticas e materiais, de forma, a proporcionar uma melhoria na economia da energia e na inovação dos materiais utilizados, para tal deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.
	b) Redução do consumo de energia primária através de cogeração (baseado nas necessidades de calor útil, no âmbito dos planos de energia que se apresentam como economicamente viáveis).	Técnica não implementada, deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.3. Emissões de poeiras	5.1.3.1 Redução das emissões difusas de poeiras através da aplicação das seguintes técnicas:	
	Medidas para operações pulverosas (Secção 4.2.1.);	
	Confinamento das operações que produzem poeiras, tais como, a moagem, peneiração e mistura.	Técnica parcialmente implementada, a conformação de matérias-primas é realizada em tulhas que estão em local coberto e semifechado.
	Utilização de misturadores cobertos e com sistema de aspiração ou de moinhos.	Não aplicável.
	A filtração do ar deslocado enquanto se carregam os misturadores ou o equipamento de doseamento.	Não aplicável.
	Silos de armazenamento com capacidade adequada, indicadores de nível com interruptores e com filtros para lidar com a deslocação de ar saturado de poeiras durante as operações de enchimento.	Não aplicável.
	Tapetes rolantes cobertos para matérias-primas potencialmente pulverosas.	Técnica implementada.
	Processo de circulação favorecido por sistemas de transporte pneumáticos.	Técnica não implementada.
	Manuseamento de material em sistemas fechados deve ser mantido sob pressão e a eliminação das poeiras do ar deve ser realizada por sucção.	Não aplicável.
	Redução das fugas de ar e dos pontos de eventual derrame, conclusão da instalação/manutenção.	Técnica implementada, estratégias no âmbito da manutenção preventiva.
	b) Medidas para áreas de armazenamento a granel (Secção 4.2.2.);	
	Locais de armazenamento com tapumes, paredes ou com uma vedação formada por cobertura vegetal (barreiras artificiais ou naturais contra o vento diretamente nas pilhas).	Técnica parcialmente implementada.
	Se as emissões não puderem ser evitadas na descarga, pode ser reduzida em correspondência à altura da descarga para a altura variável da pilha, automaticamente, ou por redução da velocidade de descarga nas zonas de armazenamento.	Técnica implementada.
	Os locais de armazenamento podem ser mantidos húmidos, especialmente em regiões mais secas, através de pulverização.	Técnica não implementada.
	Recursos a sistemas de aspiração durante as operações de remoção, novos edifícios podem ser equipados com sistemas de aspiração estacionários, enquanto os existentes podem ser melhor equipados com sistemas e conexões flexíveis.	Técnica não implementada.
5.1.3.2 Emissões de poeiras canalizadas de operações pulverosas		
Redução das emissões para 1 – 10 mg/m ³ (médias de meia-hora), através da aplicação de filtros de manga, contudo este intervalo pode ser superior dependendo das condições específicas de operação.	Técnica não implementada, deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.	

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.3. Emissões de poeiras	5.1.3.3. Emissões de poeiras de processos de secagem	
	Manter as emissões num intervalo de 1 - 20 mg/m ³ (médias diárias), evitando a acumulação de resíduos de poeiras e adotando protocolos de manutenção adequada.	Técnica implementada, a UM procede ao controlo automático da combustão e da sua otimização, assim como, da adequada manutenção e limpeza dos secadores, de qualquer modo as caracterizações de emissões gasosas da chaminé das estufas apresentam valores inferiores aos VLE.
	5.1.3.4. Emissões de partículas do processo de cozedura	
	Redução das emissões de partículas nos efluentes gasosos dos fornos para 1 - 20 mg/m ³ (médias diárias) pela limpeza dos fornos	
	a) Utilização de combustíveis de baixo teor de cinzas (por ex., GN, GNL, GPL, “fuelóleo extra leve”) (Secção 4.1.4.).	Técnica implementada, o processo de cozedura na UM é executado com recurso a gás natural.
	b) Minimização da formação de poeiras nas operações de carga do material em verde (previamente à cozedura) (Secção 4.2.).	Técnica implementada.
	A aplicação de um sistema de filtração de gases de combustão (filtro de mangas ou precipitador eletrostático) com um nível de emissão associado inferior a 20 mg/m ³ nos gases de combustão tratados (Secção 4.3.4.3.).	Técnica não implementada, deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.
A aplicação de um sistema de limpeza (sistema de absorção em cascata) com um nível de emissão associado inferior a 50 mg/m ³ nos gases de combustão tratados (Secção 4.3.4.1.).	Técnica não implementada, deve ser efetuada uma análise de custo-benefício para esta MTD.	
5.1.4. Compostos gasosos	5.1.4.1. Medidas/técnicas primárias	
	a) Redução das emissões de compostos gasosos (i.e., HF, HCl, SO _x , COV, metais pesados) nos efluentes gasosos dos processos de cozedura: Redução da entrada de precursores de poluentes (Secção 4.3.1.);	
	A utilização de matérias-primas e aditivos com baixo teor de enxofre pode reduzir as emissões de SO _x ;	Técnica implementada.
	No caso de matérias-primas ricas em enxofre, a utilização de aditivos com baixo teor de enxofre (por ex. areia) ou de argila de baixo teor de enxofre reduz as emissões de SO _x devido ao efeito de diluição;	Técnica implementada
	A utilização de combustíveis de baixo teor de enxofre, tais como, gás natural ou o GPL, leva a uma redução significativa das emissões de SO _x ;	Técnica implementada
A minimização de compostos azotados em matérias-primas e aditivos pode reduzir as emissões de NO _x .	Técnica implementada	

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.4. Compostos gasosos	Compostos inorgânicos clorados – a utilização de matérias-primas e aditivos com baixo teor de cloro pode reduzir significativamente as emissões de cloretos;	Técnica implementada
	Compostos inorgânicos fluorados – a utilização de matérias-primas e aditivos com baixo teor de flúor pode reduzir significativamente as emissões de fluoretos;	Técnica implementada
	Compostos inorgânicos fluorados – no caso de matérias-primas ricas em fluoretos, a utilização de aditivos com baixo teor de flúor (por ex. areia) ou de argila com baixo teor de fluoretos, pode reduzir as emissões destes iões devido ao efeito de diluição;	Técnica implementada
	Compostos orgânicos voláteis (COV) – minimização dos compostos orgânicos nas matérias-primas, aditivos, ligantes, etc. através de aditivos inorgânicos formadores de poros, por instância, aditivos orgânicos como a serradura ou poliestireno são adicionados à mistura de matérias-primas, principalmente, no fabrico de produtos porosos.	Técnica não implementada, esta pode aumentar os consumos de energia no processo de cozedura.
	Otimização da curva de aquecimento (Secção 4.3.3.1.);	
	Reduzir a taxa de aquecimento no intervalo mais baixo de temperatura (até 400 °C) promove a redução de HF com a formação de CaF ₂ , resultante da diminuição das emissões de HF. Pode verificar-se um efeito similar nas emissões de SOx. Normalmente estas são formadas pela oxidação da pirite e/ou dissociação do sulfato de cálcio.	Técnica implementada
	Pelo aumento da taxa de aquecimento no intervalo de temperatura entre os 400 °C e a temperatura de cozedura, a temperatura de sinterização é alcançada mais rapidamente, e como resultado, a libertação de emissões torna-se limitada por difusão e as emissões diminuem;	Técnica implementada
	A temperatura de pico afeta a decomposição de sulfatos. Quanto mais baixa for a temperatura de cozedura, menor é a decomposição, consequentemente, menores são as emissões de SOx. A diminuição da temperatura de cozedura pode ser encontrada pela adição de agente de fluxo (fundentes) à mistura de matérias-primas;	Técnica implementada
	Ciclos de cozedura mais rápidos têm como resultado a redução das emissões de fluoretos. As características das matérias-primas influenciam a libertação de fluoretos, para qualquer produto o tempo de cozedura acima de 800 °C é essencial;	Técnica implementada
	O controlo dos níveis de oxigénio nos processos de cozedura maximiza a eficiência da combustão.	Técnica implementada
b) Emissões de NOx nos efluentes gasosos dos fornos abaixo de 250 mg/m ³ (média diária expressa sob a forma de NO ₂) para temperaturas de cozedura inferiores a 1300 °C (Secções 4.3.1. e 4.3.3.);	Não aplicável.	

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.4. Compostos gasosos	c) Emissões de NO _x de motores de cogeração abaixo de 500 mg/m ³ (média diária expressa em NO ₂), via medidas de otimização do processo (Secções 4.1.3. e 4.3.1.).	Não aplicável.
	5.1.4.2. Medidas/técnicas secundárias e combinação com primárias para redução de compostos gasosos inorgânicos nos gases de combustão dos processos de cozedura.	
	a) Sistemas de adsorção em cascata (Secção 4.3.4.1.);	Técnica não implementada
	b) Filtro de mangas ou precipitador eletrostático (Secção 4.3.4.3.);	Técnica não implementada
	A aplicação da medidas/técnicas primárias e/ou medidas/técnicas secundárias, motiva os seguintes níveis de emissões associadas aos compostos inorgânicos originados pelos gases de combustão dos processos de cozedura (médias diárias): - Fluoretos (sob a forma de HF) – 1 -10 mg/m ³ ; - Cloretos (sob a forma de HCl): 1 – 30 mg/m ³ ; - Óxidos de enxofre (sob a forma de SO ₂), conteúdo de enxofre nas matérias-primas menor ou igual a 0,25%: <500 mg/m ³ ; - Óxidos de enxofre (sob a forma de SO ₂), conteúdo de enxofre nas matérias-primas menor que 0,25%: 500 – 2000 mg/m ³ ;	Técnica implementada
5.1.5. Águas residuais de processo	a) Reduzir o consumo de água aplicando medidas de otimização de processo (Secção 4.4.5.1.);	
	Atuar nos circuitos de água, instalando válvulas automáticas que previnam fugas de água quando a água já não seja necessária;	Técnica implementada
	Instalação de um sistema de alta pressão na unidade de produção para efeitos de limpeza (ou equipamentos de limpeza a alta pressão);	Técnica implementada
	Troca do sistema de tratamento húmido de gases para alternativamente, um sistema de tratamento sem recurso ao consumo de água, nomeadamente, tratamento a seco de gases;	Não aplicável.
	Instalação de sistemas in situ de recolha de resíduos de vidragem;	Não aplicável ao caso de estudo.
	Instalação de sistemas de transporte de barbotinas por condutas;	Não aplicável ao caso de estudo.
	Separação de fluxos de águas residuais de processo nas diferentes etapas;	Não aplicável ao caso de estudo.
	Reutilização de águas residuais de processo na mesma etapa do processo, em particular a reutilização da água de limpeza depois de tratamento adequado.	Técnica implementada.
	b) Realizar o tratamento de águas residuais de processo pela aplicação de um sistema de tratamento, tal como, homogeneização, arejamento, sedimentação, filtração, absorção com carvão ativado, precipitação química, coagulação e floculação, etc. (Secção 4.4.5.2.).	Técnica implementada, a UM realiza o tratamento de águas residuais através de coagulação e floculação, contudo a contribuição do caso de estudo é mínima nesta questão.

Anexo IX - Melhores técnicas disponíveis sugeridas no BREF relativo ao fabrico de produtos cerâmicos (EC, 2007; APICER, 2015) (continuação).

Questão ambiental	MTD	Estado de implementação
5.1.5. Águas residuais de processo	c) Reduzir a carga das emissões de poluentes nas descargas de águas residuais, os seguintes níveis de emissões associadas nas descargas de águas residuais (amostras compostas de 2 horas): - Sólidos suspensos – 50 mg/l - Compostos de halogéneo orgânico adsorvíveis (AOX) – 0,1 mg/l - Chumbo (Pb) – 0,3 mg/l - Zinco (Zn) – 2,0 mg/l - Cádmio (Cd) – 0,07 mg/l;	Não aplicável ao caso de estudo.
	Se mais de 50% das águas de processo são reutilizadas no processo de fabrico, maior será a concentração destes poluentes, podem cumprir os valores do ponto c), enquanto a carga de um poluente específico por quantidade de produção não seja maior que a carga de poluente relativo a uma taxa de reciclagem de águas de pelo menos 50%.	Não aplicável ao caso de estudo.
5.1.6. Lamas	Reciclagem/Reutilização de lamas	
	a) Sistemas de reciclagem de lamas (Secção 4.5.1.1.); b) Reutilização de lamas em outros produtos (Secção 4.5.1.2.).	Não aplicável ao caso de estudo. Não aplicável ao caso de estudo.
5.1.7. Perdas de processo/ Resíduos sólidos	Redução das perdas de processo/resíduos sólidos	
	a) Reutilização de matérias-primas antes dos processos térmicos (Secção 4.5.2.1.);	Técnica implementada
	b) Reutilização de caco e de outras quebras no produto cerâmico no processo de fabrico (Secção 4.5.2.1.);	Técnica implementada
	c) Utilização de perdas de processo em outras indústrias (Secção 4.5.2.1.);	Técnica não implementada
	d) Controlo eletrónico da cozedura (Secção 4.5.2.2.); e) Aplicação de definições otimizadas (Secção 4.5.2.2.).	Técnica implementada Técnica implementada
5.1.8. Ruído	Reduzir o ruído através de (Secção 4.6.):	
	a) Encapsulamento de fontes ruidosas;	Técnica não implementada
	b) Isolamento da vibração de fontes ruidosas	Técnica não implementada
	c) Colocação de silenciadores e de ventiladores de baixa velocidade;	Técnica não implementada
	d) Situar janelas, portões e fontes ruidosas longe da vizinhança;	Técnica implementada
	e) Isolamento sonoro de janelas e paredes;	Técnica não implementada
	f) Manter as portas e as janelas fechadas;	Técnica implementada
	g) Desenvolver atividades ruidosas (no exterior) apenas durante o período diurno;	Técnica implementada
h) Boa manutenção das instalações	Técnica implementada	