



**João Filipe Amado Ribeiro**

Licenciado em Engenharia Civil

**SUSTENTABILIDADE DOS PRODUTOS DE  
CONSTRUÇÃO –  
APLICAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA A UM  
PERFIL DE ALUMÍNIO**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Civil, Perfil de Construção

Orientador: Daniel Aelenei, Professor Doutor, FCT/UNL  
Co-orientador: Armando Pinto, Doutor, LNEC

Júri:

Presidente:	Prof. Doutor Fernando Manuel Anjos Henriques
Arguente:	Prof. Doutor Manuel Duarte Pinheiro
Vogais:	Prof. Doutor Daniel Aelenei Doutor Armando Teófilo dos Santos Pinto

“Copyright” João Filipe Amado Ribeiro, FCT/UNL e da UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **AGRADECIMENTOS**

A presente dissertação resulta do trabalho, apoio e colaboração de um conjunto de pessoas que contribuíram de diversas formas para a sua realização, dos quais não poderia deixar de expressar o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Daniel Aelenei, pela disponibilidade com que sempre me recebeu, apoio e experiência que demonstrou em todos os momentos.

Ao Eng.º Armando Pinto do LNEC, pelo auxílio prestado, saber científico, competência demonstrada no decorrer deste estudo e pela oportunidade de poder ter desenvolvido este trabalho numa área ainda pouco estudada no curso de engenharia civil.

Ao Eng.º João Rocha pela disponibilidade que sempre demonstrou em apoiar este estudo e pelo fornecimento dos dados que foram essenciais ao desenvolvimento da dissertação.

Por ultimo e não menos importante um agradecimento muito especial aos meus pais que foram o pilar deste trabalho.



## RESUMO

A crescente preocupação na seleção dos materiais de construção em fase de projeto de forma a minimizar o consumo de energia dos edifícios durante a fase de utilização é uma realidade cada vez mais frequente da sociedade atual. Contudo de acordo com os estudos de avaliação do ciclo de vida recentes aplicados a caixilharias de alumínio, no que respeita às necessidades energéticas verifica-se que a fase de extração/produção de uma janela de alumínio apresenta consideráveis contribuições no seu ciclo de vida completo. Dado que as janelas constituem um elemento integrante da envolvente exterior dos edifícios será importante entender, do ponto de vista ambiental, o impacto causado pelo processo de produção de uma janela de alumínio.

A avaliação do Ciclo de Vida – ACV (“*Life Cycle Assessment*” – *LCA*) permite avaliar os impactos ambientais associados a determinado produto ou serviço, identificando e quantificando os fluxos de materiais, energia, resíduos e emissões produzidas de modo a procurar estudar alternativas para a prevenção e/ou minimização dos mesmos.

Este trabalho consiste na aplicação da avaliação do ciclo de vida de modo a avaliar os impactos ambientais associados à produção dos perfis necessários ao fabrico de uma janela de alumínio desde a extração até à porta da fábrica. A análise será aplicada a um caso de estudo, utilizando os dados correspondentes a um processo de fabrico fornecidos por uma empresa nacional, com o objetivo da comparação dos mesmos com os valores equivalentes disponíveis nas bases de dados existentes.

Para a concretização dos objetivos desta dissertação procedeu-se à identificação e quantificação de forma sistemática dos fluxos de materiais, energia, resíduos e emissões produzidas desde a fase de entrada dos *logs* de alumínio na extrusora até à obtenção dos perfis, incluindo o tratamento de superfície, destinados à aplicação em caixilharias. Relativamente ao tratamento de superfície dos perfis optou-se por fazer o estudo sobre o acabamento de superfície por pintura electrostática - lacagem.

Foi necessário considerar as fases anteriores à entrada dos *logs* de alumínio na extrusora para a completa determinação do perfil ambiental dos perfis, pelo que se recorreu a valores fornecidos pela ferramenta SimaPro 5.0.

**Palavras-chave:** Materiais de construção, avaliação do ciclo de vida, caixilharias de alumínio, edifícios



## ABSTRACT

The growing concern regarding the selection of construction materials in the design process, in order to minimize the building energy consumption in its entire life cycle, is an increasing reality in today's society. However, according to recent studies of life cycle analyses applied to aluminum frames, concerning energy demand, have concluded that the material extraction and production stage of an aluminum window has a significant contribution to its entire life cycle. Since windows are an integral part of the exterior of buildings, it becomes important to understand, from the environmental point of view, the impact caused by the aluminum window production process.

Life Cycle Assessment (LCA) allows evaluation of environmental impacts associated with a product or service, identification and quantification of material flows, energy, waste and emissions produced in order to prevent and/or minimizing them.

In this study the life cycle assessment has been applied in order to evaluate the environmental impacts associated with the production of required profiles for the manufacture of an aluminum window, from extraction to factory output. The analysis is applied to a case study, using manufacturing process data provided by a Portuguese company in order to compare with equivalent values available in existing databases.

To realize the objectives of this dissertation, material flows, energy, waste and emissions produced, from the entry of the aluminium logs into the extruder until the finished profiles are obtained, were identified and quantified. It was also included the window frames surface treatment by electrophoretic lacquering.

It was necessary to consider the preceding phases of the aluminum logs at extruder input in order to complete the determination of the environmental profile of the profiles, using the values provided by SimaPro 5.0.

**Keywords:** Construction materials, life cycle assessment, aluminum frames, buildings



# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE QUADROS .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Sustentabilidade na construção .....	1
1.2 Objetivo .....	3
1.3 Organização da dissertação .....	3
2 ESTADO DO CONHECIMENTO .....	5
2.1 Avaliação do ciclo de vida – ACV .....	5
2.1.1 Descrição geral de ACV .....	5
2.1.2 ACV aplicada a edifícios .....	6
2.1.3 ACV aplicada a janelas .....	7
2.2 Caixilharia de alumínio em janelas .....	8
2.2.1 Produção do alumínio .....	8
2.2.2 Processo de Extrusão do alumínio .....	11
2.3 Incertezas dos dados .....	14
2.4 Programas de rotulagem ambiental .....	15
2.4.1 Rotulagem Tipo I .....	15
2.4.2 Rotulagem Tipo II – Auto declarações Ambientais .....	16
2.4.3 Rotulagem Tipo III – Declarações Ambientais do Produto (DAP) .....	16
2.5 Prevenção de Resíduos .....	17
2.5.1 Reciclagem .....	17
2.5.2 Aterro .....	18
3 METODOLOGIA .....	19
4 APLICAÇÃO A CASO DE ESTUDO .....	25
4.1 ACV aplicado aos perfis de alumínio lacados .....	25
4.1.1 Objetivo e Âmbito .....	26
4.1.2 Análise de inventário .....	29
4.1.3 Avaliação de impactes .....	35
4.2 Análise comparativa .....	41
4.2.1 Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Aluminium extrusion</i> ” (SimaPro 5.0) .....	41
4.2.2 Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Extruding alum P</i> ” (SimaPro 5.0) .....	42
4.2.3 Comparação entre dados obtidos e o relatório criado pela EAA (2002) .....	44
4.3 Estudo paramétrico .....	45

4.3.1	Análise do efeito da origem do alumínio.....	45
4.3.2	Análise do efeito da estrutura de produção de energia elétrica .....	46
5	CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	49
5.1	Conclusões .....	49
5.2	Desenvolvimentos futuros .....	50
6	BIBLIOGRAFIA.....	51
7	ANEXOS.....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de perfis utilizados em janelas em Portugal (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2011).....	3
Figura 2.1 Principais processos de produção de alumínio (adaptado de Internacional Aluminum Institute, 2007) .....	10
Figura 2.2 Avaliação do impacte ambiental do alumínio (adaptado de “Jonkers & Dreijerink, 2011”)10	
Figura 2.3 Representação esquemática do processo de extrusão .....	11
Figura 2.4 Rótulo ecológico Europeu.....	16
Figura 2.5 Exemplo de Auto declarações Ambientais – Produto reciclado .....	16
Figura 3.1 Fases do ciclo de vida do produto (USEPA, 2001).....	19
Figura 3.2 Fases de uma análise do ciclo de vida (baseado na ISO 14040:2007).....	20
Figura 4.1 Árvore do processo de produção dos perfis de alumínio lacados .....	27
Figura 4.2 Perfil de alumínio – Secção Transversal.....	29
Figura 4.3 Especificações do perfil de alumínio .....	29
Figura 4.4 Caracterização dos perfis de alumínio lacados – u.d. ....	36
Figura 4.5 Normalização dos perfis de alumínio lacados – u.d.....	37
Figura 4.6 Valores do indicador ambiental único dos perfis de alumínio lacados desagregados para cada etapa de produção – u.d.....	38
Figura 4.7 Valores do indicador ambiental único: Processo de extrusão – u.d.....	39
Figura 4.8 Valores do indicador ambiental único: Endurecimento dos perfis – u.d. ....	40
Figura 4.9 Valores do indicador ambiental único: Lacagem dos perfis – u.d. ....	40
Figura 4.10 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Aluminium extrusion</i> ” (SimaPro 5.0) – u.d. ....	41
Figura 4.11 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Aluminium extrusion</i> ” (SimaPro 5.0) – u.d.....	42
Figura 4.12 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Extruding alum I</i> ” (SimaPro 5.0) – u.d. ....	42
Figura 4.13 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Extruding alum I</i> ” adaptado (SimaPro 5.0) – u.d. ....	43
Figura 4.14 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o processo “ <i>Extruding alum I</i> ” adaptado (SimaPro 5.0) .....	43
Figura 4.15 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e estudo desenvolvido por EAA (2002) .....	44
Figura 4.16 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o estudo desenvolvido por EAA (2002) .....	44

Figura 4.17 Valores do indicador ambiental único – Assumindo apenas alumínio de 1ª fusão.....	45
Figura 4.18 Valores do indicador ambiental único – Assumindo apenas alumínio reciclado.....	46
Figura 4.19 Caracterização – Comparação entre o sistema electroprodutor Português e da média europeia para o processo de extrusão e lacagem .....	46
Figura 4.20 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre o sistema electroprodutor Português (ano 2000) e da média europeia para o processo de extrusão/ lacagem .....	47

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 Ferramentas para estudo de AVC (Librelotto & Jalali, 2008).....	7
Quadro 2.2 Processos incluídos na análise do sistema (European Aluminium Association, 2002).....	12
Quadro 2.3 Fluxo de entradas/saídas do processo de extrusão e reciclagem por 1000 Kg perfil de alumínio extrudido (European Aluminium Association, 2002) .....	14
Quadro 3.1 Categoria de impacte ambiental indicados na RCP (The Norwegian EPD Foundation, 2007).....	23
Quadro 3.2 Exemplos de fatores de Caracterização (Ferreira, 2004).....	24
Quadro 4.1 Fluxo de entradas/saídas do processo de extrusão de 1000Kg de alumínio extrudido.....	34
Quadro 4.2 Fluxo de entradas/saídas do processo de lacagem de 1000Kg de alumínio extrudido .....	35
Quadro 4.3 Valores de Caracterização dos perfis de alumínio lacados – u.d.....	36
Quadro 4.4 Valores de Normalização dos perfis de alumínio lacados – u.d.....	37
Quadro 4.5 Fatores de ponderação (Pj), para as categorias de impacte selecionadas .....	38
Quadro 4.6 Rácio entre energia primária e energia final.....	47
Quadro 4.7 Evolução da utilização de fontes renováveis na produção eletricidade em Portugal (Fonte: Pordata) .....	48
Quadro 5.1 Contributo dos recursos energéticos no valor do indicador ambiental por processo – u.d.	50



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Sustentabilidade na construção

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos sectores em toda a Europa, representando 25% de toda a produção industrial europeia, o que significa em termos ambientais, ser responsável por 30% das emissões de carbono (Torgal, 2010). Além disso a nível mundial a indústria da construção consome mais matérias-primas (aproximadamente 3000Mt/ano, quase 50% em massa) que qualquer outra atividade económica (Torgal, 2010).

Em todo o mundo, a exploração do cobre, bauxite, minério de ferro e outros recursos naturais usados na fabricação de materiais de construção continuam em crescimento e assim, emitindo grandes quantidades de poluentes para o ar e água (Roodman & Lenssen, 1995). Portanto, uma utilização racional dos recursos naturais (materiais e resíduos) inclui selecionar os materiais para a construção e tomando em consideração a sua durabilidade, o potencial de reutilização e de reciclagem bem como seu impacto sobre a qualidade do ar interior nos edifícios.

A sustentabilidade na construção assume um papel muito importante na integração com o meio ambiente, adaptando-se às necessidades de uso, produção e consumo, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os das futuras gerações, além de adoção de soluções que propiciem edificações económicas e de bem-estar social. Isto significa que a construção sustentável passa pela preocupação de conceber e planear a construção com base em várias premissas: A escolha de materiais ambientalmente corretos, de origem certificada e com baixas emissões de CO<sub>2</sub>; com menor deposição de resíduos na fase final do edifício; o uso de tecnologias de baixo impacto; o cumprimento das normas; o uso consciente de água e energia; o conforto ambiental em todas as fases - construção e uso, e que possam ser amplamente reaproveitados no fim de seu ciclo de vida. Segundo Sachs (1986), o uso desses materiais não significa um retrocesso tecnológico nem perdas de níveis de conforto necessários aos utilizadores, mas sim uma possibilidade de desenvolver tecnologias apropriadas para o uso mais intenso desses materiais, através de processos de industrialização. Deve haver incentivos para a continuidade desta tradição, paralelamente ao desenvolvimento de tecnologias mais avançadas, que permitam a reutilização (montagem e desmontagem), a reciclagem, mantendo a cultura construtiva local.

A escolha dos materiais, na construção sustentável, deve obedecer a critérios de preservação, recuperação e responsabilidade ambiental. Significa isto que quando se inicia uma construção ou produção de um produto sustentável é importante definir os materiais de construção de acordo com o local, geografia, história, e que possam conservar e melhorar o ambiente em se insere. Os materiais e a tecnologia devem ainda estar interligados de modo a melhorar as condições de vida dos utilizadores

ou, no mínimo não agredirem o meio ambiente no seu processo de obtenção e fabrico nem durante a sua fase operacional.

Deste modo e na sequência dessas preocupações, o parlamento europeu promulgou o regulamento dos produtos de construção (305/2011/EU), publicado em março de 2011, que estabelece critérios de preservação dos recursos naturais para produtos que sejam comercializados no mercado interno. Pretende-se com este regulamento assegurar o bom funcionamento do mercado interno dos produtos de construção através de especificações técnicas harmonizadas que expressem o desempenho dos produtos de construção.

De acordo com este regulamento as obras de construção devem satisfazer, em condições normais de manutenção, os requisitos básicos das obras de construção durante um período de vida útil economicamente razoável, incluindo todos os produtos de construção destinados a serem incorporados de modo permanente numa obra de engenharia civil. O regulamento indica os requisitos básicos que devem assegurados numa obra de construção, entre os quais se encontra a utilização sustentável dos recursos naturais. Este requisito relaciona-se com conceito de sustentabilidade e foca a importância da reutilização ou reciclagem dos produtos de construção e utilização de matérias-primas e materiais secundários compatíveis com o ambiente.

No regulamento é também referido que para a avaliação da utilização sustentável dos recursos e do impacto das obras de construção no ambiente, deverão ser utilizadas declarações ambientais de produtos, quando disponíveis. Dado que o regulamento relaciona-se com aspetos ambientais e de segurança dos produtos de construção durante todo o seu ciclo de vida, incluindo a identificação de substâncias perigosas nos produtos de construção torna-se assim importante o desenvolvimento de estudos assentes na metodologia de ciclo de vida que permitam avaliar os impactos ambientais dos produtos de construção de acordo com a zona geográfica.

Por se tratar a ACV pouco difundida em Portugal torna-se importante desenvolver estudos apoiados nesta metodologia que permitam estudar as implicações ambientais dos diferentes elementos constituintes de um edifício. Dada a variedade de materiais e sistemas de caixilharia atualmente existentes no mercado, é assim inquestionável o interesse numa análise comparativa entre estes sistemas em termos ambientais, tendo em conta as fases do ciclo de vida, o que permitirá avaliar de uma forma mais sustentada o contributo de cada um desses sistemas para o desafio energético e ambiental com que os projetistas atualmente se defrontam.

Não sendo objeto de estudo tal análise comparativa entre os vários sistemas de caixilharia torna-se importante conhecer quais os que apresentam maior relevância no mercado nacional com o propósito de os estudar.

Neste âmbito foi realizado um estudo estatístico pelo LNEC em 2011 que incidiu sobre 53 fabricantes de janelas donde se concluiu que as janelas de alumínio representam um importante peso no mercado nacional, representando de 41% para janelas com perfis de alumínio monolítico (isto é, perfis de alumínio que não apresentam qualquer descontinuidade induzida por materiais isolantes a fim de melhorar o comportamento térmico da janela) e 35% para perfis de alumínio com corte térmico (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2011). Os restantes materiais correspondem aproximadamente 20% sendo preponderante a utilização de PVC conforme indicado na Figura 1.1.

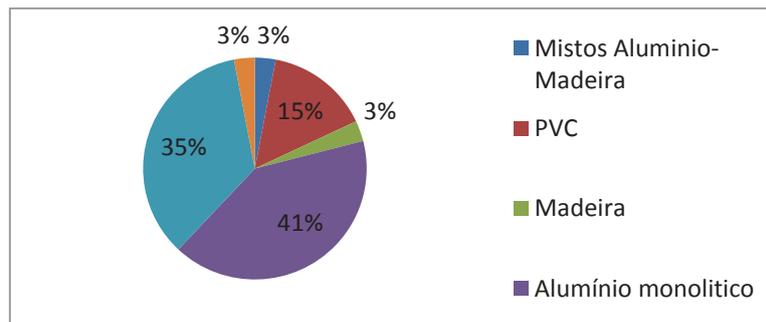


Figura 1.1 Tipos de perfis utilizados em janelas em Portugal (Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2011)

## 1.2 Objetivo

Dada a importância com que alumínio se apresenta no mercado de janelas em Portugal pretende-se nesta dissertação analisar o ciclo de vida do processo de fabrico de perfis de alumínio monolítico com o objetivo de avaliar os impactes ambientais associados desde a extração de matérias-primas até à porta da fábrica.

O estudo do processo de extrusão dos perfis de alumínio monolítico será baseado em dados fornecidos por uma empresa extrusora de alumínios localizada no distrito de Lisboa.

Para completa definição do âmbito deste estudo serão utilizados alguns valores referenciados na ferramenta SimaPro 5.0 (Pré consultants, 2001) de modo a poderem ser incluídas as fases a montante do processo de extrusão, nomeadamente, produção do alumínio e respetivo transporte.

## 1.3 Organização da dissertação

Na presente dissertação definiu-se a seguinte organização:

- Capítulo 1- Descreve-se o contexto em que foi elaborado o trabalho, os objetivos e as motivações que levaram ao desenvolvimento da dissertação;
- Capítulo 2- Aborda os principais conceitos necessários à compreensão da dissertação;
- Capítulo 3- É definido o método de avaliação do ciclo de vida adotado neste estudo;
- Capítulo 4- Aplica-se a metodologia de avaliação do ciclo de vida a um caso de estudo;

- Capítulo 5- Apresentam-se as principais conclusões dos resultados obtidos neste trabalho assim como perspectivas de trabalhos futuros.

## 2 ESTADO DO CONHECIMENTO

A presente dissertação apresenta uma pesquisa bibliográfica com base em quatro vertentes, dos quais serão apresentadas de forma sintetizada: Metodologia de ACV, processo de obtenção do alumínio desde a extração, processo de extrusão dos perfis de alumínio e estudos realizados com base na metodologia de ACV de janelas de alumínio.

### 2.1 Avaliação do ciclo de vida – ACV

#### 2.1.1 Descrição geral de ACV

A avaliação do ciclo de vida, ou ACV, conhecida internacionalmente por LCA (*Life Cycle Assessment*) consiste em avaliar os efeitos que um produto, atividade ou processo causa sobre o ambiente, através da identificação e quantificação dos seus impactes, tais como consumo de recursos naturais, consumo de energia, geração de resíduos sólidos, líquidos e emissões aéreas (Ferrão, 1998). Trata-se de uma ferramenta de gestão ambiental que permite estabelecer um inventário dos impactes ambientais associados a um produto ou serviço a fim de possibilitar a comparação entre produtos que desempenham as mesmas funções. Esta técnica examina cada etapa do ciclo de vida, de preferência de forma sistemática e detalhada, todos os aspetos ambientais dos sistemas de produção e de processos desde a extração da matéria-prima à eliminação de resíduos (Oliveira, 2005). Em cada etapa são calculadas as entradas (matérias-primas e energia) e saídas (emissões para o ar, água e resíduos sólidos) que traduzem os impactes ambientais. Esta abordagem permite às empresas determinar como melhorar os seus produtos, desenvolver outros e definir estratégias comerciais específicas (Fernandes M. I., 2004), e detetar quais os processos que são responsáveis por maiores impactes ambientais.

Desde a década de 90 que o interesse nesta área assumiu um papel importante, após a publicação de uma série de referências normativas e estudos de mercado comparativos entre produtos concorrentes (Fernandes, 2004). A “*Society of Environment Toxicology and Chemistry*” (SETAC) foi a primeira organização a desenvolver as pesquisas científicas e a metodologia de ACV. Posteriormente a *International Organization for Standardization* (ISO) vem apoiar este desenvolvimento e estabelecer uma estrutura de trabalho, metodologias e procedimentos de análise no contexto da ACV, onde resultaram normas importantes (ISO 14040:1997, ISO 14041:1998, ISO14042:2000, ISO 14043:2000, ISO/TS 14048:2000 e ISO/TS 14049:2000). Estas normas não constituem em si um manual de aplicação concreta desta técnica (Ferreira, 2004). Na prática existem disponíveis vários manuais, tendo sido este trabalho predominantemente seguido pelo BRE (Reino Unido) “perfil ambiental dos produtos de construção, componentes e edifícios” (Howard, Edwards, & Anderson, 1999).

### 2.1.2 ACV aplicada a edifícios

Existem diversas metodologias, assentes na avaliação do ciclo de vida, que apesar de utilizarem diferentes abordagens, avaliam e reconhecem a construção sustentável e que podem ser utilizadas no apoio à conceção de edifícios sustentáveis.

Existem três diferentes tipos de metodologias e ferramentas para avaliação da sustentabilidade na construção:

- Ferramentas de suporte à conceção de edifícios sustentáveis;
- Sistemas de análise do ciclo de vida (ACV) dos produtos e materiais de construção;
- Sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável.

Será sobre a utilização de sistemas de análise do ciclo de vida (ACV) dos produtos e materiais de construção que irá incidir o presente trabalho. Neste trabalho não é proposto abordar os restantes tipos de metodologia, contudo será apresentando uma breve descrição de alguns sistemas de avaliação da construção sustentável.

#### Sistemas de avaliação da construção sustentável

De modo a dar resposta às necessidades de avaliação e certificação ambiental dos edifícios, vários países estão a desenvolver sistemas de avaliação e reconhecimento de edifícios sustentáveis, sendo baseados em legislação e regulamentos locais e desenvolvidos para questões ambientais e económicas locais.

Dos sistemas desenvolvidos, destaca-se BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) no Reino Unido (BRE Global, 2011) e nos Estados Unidos da América o LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*) (USGBC, 2005). Estas são as mais utilizadas a nível internacional e apresentam semelhanças entre elas. Em Portugal surgiu, por iniciativa do Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura do IST, o sistema voluntário LiderA, que evidencia quais os aspetos ambientais a considerar baseado na comparação de diferentes valores de referência de desempenho global de edifícios, ao que atribui uma etiqueta de desempenho ambiental do edifício e fornece as soluções a adotar durante a construção para que o seu desempenho seja melhorado (Pinheiro, 2006, 2009).

Apresenta-se no quadro 2.1 algumas ferramentas, apoiadas na análise do ciclo de vida, que permitem avaliar a sustentabilidade da construção.

<b>PROGRAMA</b>	<b>FINALIDADE</b>
<b>SimaPro (Holanda)</b>	Aplicação geral a estudos de ACV
<b>Gabi (Alemanha)</b>	
<b>BEES 3.0 (EUA)</b>	Suporte para tomada de decisões na seleção de materiais
<b>ATHENA (Canadá)</b>	Suporte para a tomada de decisões na concepção de edifícios
<b>EcoQuantum (Holanda)</b>	
<b>EnVest (Reino Unido)</b>	
<b>LiderA (Portugal)</b>	Suporte para avaliação de sistemas completos de edifícios
<b>LEED (EUA)</b>	
<b>BREEAM (Reino Unido)</b>	
<b>GBTool (Canadá)</b>	
<b>Ecoprofile (Noruega)</b>	

Quadro 2.1 Ferramentas para estudo de AVC (Librelotto & Jalali, 2008)

### 2.1.3 ACV aplicada a janelas

No contexto dos sistemas de janela, existem vários estudos de avaliação dos impactos ambientais ao nível de produção das caixilharias em diferentes materiais. Citherlet (2000) realizou um dos primeiros estudos com base na ACV de janelas de edifícios destinando-se a avaliar os impactos ambientais associados ao fabrico de diferentes sistemas de caixilharias, incluindo madeira, alumínio e PVC. Neste estudo conclui-se que as janelas com caixilharia de alumínio, devido aos elevados níveis de consumo de energia na fase de produção do alumínio, atingem valores mais elevados de aquecimento global e de acidificação seguido das de PVC (Citherlet, Guglielmo, & Gay, 2000).

Buchanan e Honey (1994), num estudo realizado na Nova Zelândia, relatam que a energia necessária ao processo de fabrico do alumínio é cerca de 16 vezes superior à de MLC (madeira Lamelada Colada) e cerca de 2,5 vezes à do aço estrutural. Segundo o mesmo estudo, a MLC produz 1/6 das emissões de carbono quando comparado com o alumínio e cerca de 1/8 quando comparado com o aço estrutural.

Num estudo datado de 1998 (Weir & Muneer, 1998), cujo objetivo foi avaliar a energia incorporada de uma janela, tomando como referência uma janela de 1,2m por 1,2m, foi estimado que a energia total necessária à produção e extrusão do alumínio e assumindo a utilização apenas de alumínio de primeira fusão, cerca de 517,5MJ. Sendo determinado a massa total de alumínio (incluindo desperdícios) em 2,3Kg por janela, obtém-se 225MJ/Kg, para a energia incorporada de 1Kg de caixilharia de alumínio.

Um outro estudo, realizado pela *Universitat Politècnica de Catalunya*, concluiu que as janelas de caixilharia de alumínio apresentam em fase de extração/produção elevado impacto na ACV quando comparado com outros sistemas de caixilharias, nomeadamente PVC ou madeira. Em termos energéticos representou 41 a 52% da energia total consumida no ciclo de vida completo da janela, tomando como referência 50 anos de utilização.

Num estudo de Asif e Muneer (2002) foi reconhecida a necessidade de avaliar a durabilidade para quatro tipos de caixilharias em diferentes materiais: Alumínio, PVC, Madeira e Madeira com revestimento em alumínio. Para tal foram sujeitas a ensaios de envelhecimento acelerados para testar potenciais anomalias inerentes a cada uma. Nos testes foram incluídos ensaios por imersão em água, ensaios cíclicos de molhagem/secagem, pulverização de sal, humidade, temperatura, e exposição a raios UV. Na caixilharia de alumínio lacados não foram observadas qualquer patologia após sujeita a todos os ensaios. As caixilharias em PVC sofrem descoloração quando expostas a temperaturas extremas, humidade e radiação UV. As caixilharias em madeira evidenciam deformações, fissuração, contudo o revestimento em alumínio evitou tais anomalias. Concluiu-se com este estudo que as janelas de madeira com revestimento em alumínio são as que apresentaram maior tempo de vida útil, 46,7 anos, seguido das de alumínio com 43,6 anos, em terceiro as de madeira com 39,6 anos e por último com menos tempo de serviço as caixilharias de PVC com 24,1 anos.

## **2.2 Caixilharia de alumínio em janelas**

As janelas fabricadas a partir de ligas de alumínio apresentam aspetos de elevado interesse no que respeita ao desempenho das suas funções. A resistência à corrosão, elevada ductilidade, boa relação resistência/peso são propriedades que fazem do alumínio um material com elevado interesse na produção de caixilharias de janelas. Por outro lado, o alumínio é um metal insensível a consideráveis deformações, dilatações, fendilhação, ataque de térmitas e de apodrecimento.

O alumínio é um material que é facilmente extrudido através das matrizes de extrusão, podendo as secções transversais dos perfis assumirem formas tao complexa quando necessário, a fim de prever todas as exigências hidrotérmicas, acústicas e de estanquidade para além de permitir uma boa ligação entre os restantes componentes da janela.

Geralmente são utilizadas as ligas 6063-T5 e 6061-T6 na extrusão de perfis para caixilharias. Contudo poderão ser adotadas outras ligas específicas em caixilharias, desde que sejam conhecidas as propriedades e as implicações que estas terão no desempenho na janela assim como a sua eficiência de extrusão (Hornbostel, 1991).

### **2.2.1 Produção do alumínio**

O alumínio não se encontra na natureza no seu estado metálico, mas como parte integrante de vários minerais. A matéria-prima de base utilizada na produção do alumínio é a bauxite, representando 8% da crosta terrestre (Christie, Brathwaite, & Thompson), que contém a alumina, donde se obtém o alumínio. A atividade de exploração de bauxite é essencialmente feita na Austrália, América Latina e a África.

A produção do alumínio para a fabricação de caixilharia processa-se geralmente em quatro etapas: extração da matéria-prima e processo de fabrico do alumínio, processo de extrusão dos perfis e

tratamentos de superfície dos perfis. Relativamente ao consumo energético, a fase de extração e produção de alumínio requer uma elevada quantidade de energia elétrica, no qual se inclui a extração da matéria-prima, o tratamento da alumina e fundição do alumínio, pelo que devem ser consideradas na ACV de uma janela de alumínio.

Após à obtenção do alumínio em forma de bilete, este é conduzido à unidade de extrusão donde se obtém o perfil de alumínio e o respetivo tratamento de superfície. O processamento final é levado a cabo na fábrica de montagem de janelas, onde é realizado o corte dos perfis de acordo com as especificações da janela.

É importante também referir que o processo de reciclagem de alumínio traz excelentes benefícios ambientais. Não só diminui os custos de produção como também permite reduzir significativamente a energia incorporada, na ordem dos 95% (Associação brasileira do alumínio, 2000). Desta forma é evitado a energia despendida na extração da matéria-prima, no tratamento da alumina e no seu transporte.

No entanto as empresas extrusoras a nível nacional demonstram preferência na utilização de alumínio de primeira fusão para o fabrico de perfis (Pinto, 2008). Referem que a esta utilização apresenta melhorias, no controle de qualidade do material, na durabilidade e acabamento dos perfis, na longevidade e na limpeza das matrizes de extrusão.

De acordo com UNIDO (2010) 27% da produção mundial de alumínio provém de alumínio reciclado. Esta percentagem é suscetível de ser menor para materiais de construção, devido à conceção destes para tempos de vida útil mais alargados. Contudo se considerarmos esta ponderação, então a energia incorporada estimada para 1Kg de caixilharia de alumínio é de 177MJ/Kg (Weir & Muneer, 1998).

O alumínio é utilizado em diversas finalidades dentro da construção da janela. A conceção de uma janela de alumínio deve preferencialmente passar pela utilização de componentes e acessórios em alumínio. Isto permite agilizar a separação dos diferentes materiais aquando à desmontagem das janelas para que possam ser reciclados após o seu tempo de vida útil. É igualmente importante do ponto de vista da durabilidade uma vez que evita corrosão dos materiais em contacto por diferenças de potencial eletrolítico.

O esquema apresentado na Figura 2.1 indica, de forma sistemática, os dados provenientes do inventário da indústria de alumínio de primeira fusão a nível mundial. Verifica-se que são necessárias mais de 5 toneladas de bauxite para produzir quase 2 toneladas de alumina que por sua vez produz uma tonelada de alumínio primário.

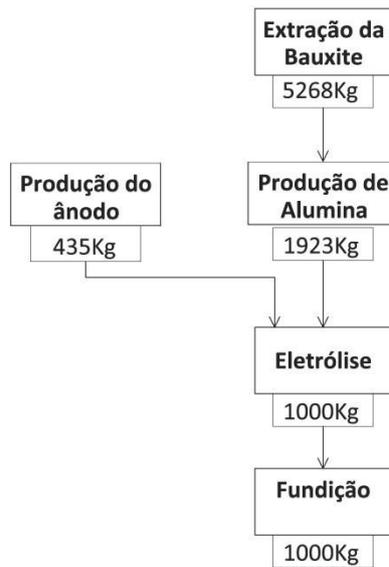


Figura 2.1 Principais processos de produção de alumínio (adaptado de Internacional Aluminum Institute, 2007)

Apresenta-se na Figura 2.2 um exemplo de uma ACV aplicada à produção de um painel de fachada em alumínio. O gráfico mostra que o maior impacto ambiental ocorre durante a produção de alumínio de primeira fusão. Outras fases do ciclo de vida, como a reciclagem, o processo de laminação ou de transportes apresentam um impacto ambiental muito menor. Devido ao facto do alumínio estar entre os materiais com maior taxa de reciclagem, depois de reciclado estará disponível novamente para novos produtos, facto considerado como um benefício ambiental (uma pontuação negativa no gráfico).

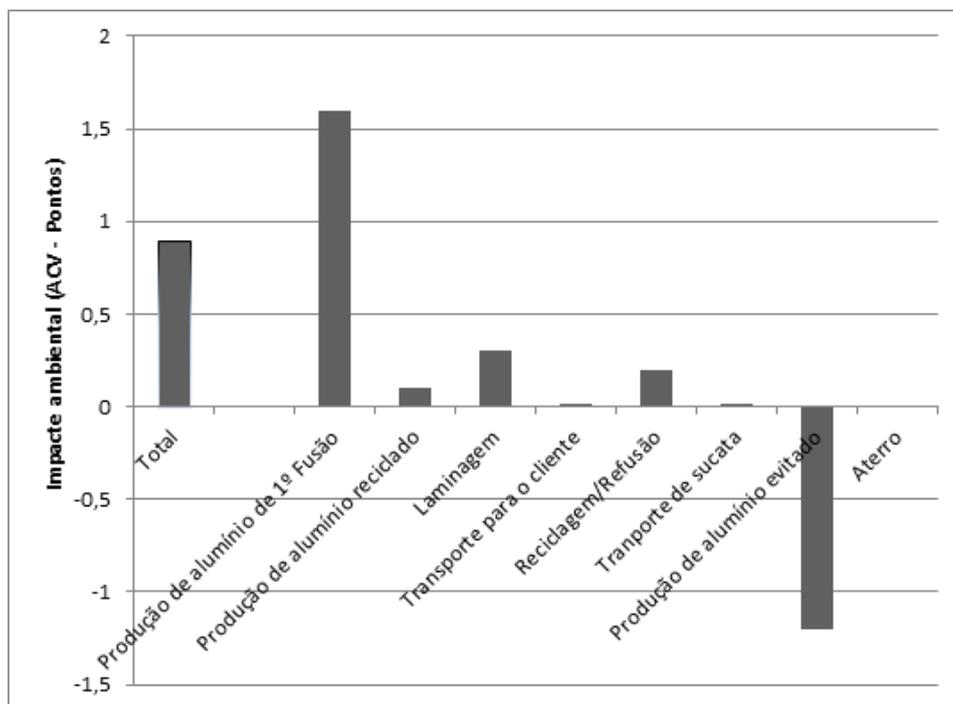


Figura 2.2 Avaliação do impacto ambiental do alumínio (adaptado de “Jonkers & Dreijerink, 2011”)

### 2.2.2 Processo de Extrusão do alumínio

Tal como referido anteriormente, os perfis de alumínio são produzidos através do processo de extrusão. O processo de extrusão inicia-se com o corte de um cilindro sólido com vários metros de extensão e de diâmetro variável a que se atribui o nome de *log*. Ao produto resultante desse corte atribui-se o nome de bilette, que geralmente são obtidos com uma extensão com cerca de 1m. A extrusão do alumínio é um processo de conformação mecânica que consiste na compressão do bilette ao encontro com um orifício existente numa matriz, conduzindo o material a fluir por esse orifício e formar um perfil extrudido, sob efeito de altas pressões e elevadas temperaturas. Antes de ser processado, o bilette de alumínio é aquecido de modo a obter as propriedades específicas ao processo de extrusão. Este aquecimento pode ser realizado em fornos a gás ou em fornos elétricos. Cada ciclo de extrusão resulta num barra de perfil, cujo comprimento varia em função da capacidade da prensa, tamanho do bilette, da secção transversal do perfil e da extensão mesa de arrefecimento. No final da operação fica por extrudir, no interior do contentor, uma pequena quantidade de material, designada por “bolacha”, dando origem a desperdícios de material na ordem de 5% - 15%, dependendo este valor da técnica de extrusão utilizada (Teixeira, 2009).

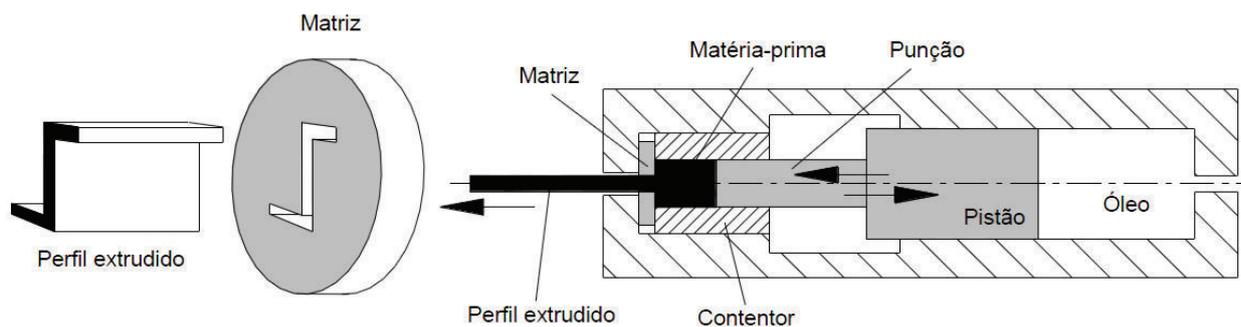


Figura 2.3 Representação esquemática do processo de extrusão

O perfil no final da extrusão é então transferido por um sistema de correias para o leito do arrefecimento onde permanece por breve período. Os perfis após o arrefecimento apresentam torções e pequenas ondulações ao longo da sua extensão. Para eliminar este tipo de irregularidade os perfis passam por um processo de esticamento antes de serem encaminhados para a mesa de corte. Após o corte de acordo com comprimento pretendido, os perfis seguem para o forno de endurecimento onde permanecem a uma temperatura constante durante um período de tempo de acordo com as especificações do fabricante (geralmente 4h), para reforço das suas propriedades mecânicas.

O desperdício de alumínio que deriva do processo de extrusão é reciclado e novamente transformado em bilettes através da refusão que poderá ou não estar integrada na unidade de extrusão.

A pesquisa bibliográfica realizada com o objetivo de procurar estudos de ACV no âmbito da extrusão do alumínio resultou em apenas uma ocorrência, traduzida num relatório elaborado pela Associação

Europeia do alumínio (European Aluminium Association, 2002). Este relatório teve como objetivo o desenvolvimento de um inventário de ciclo de vida referente ao processo de extrusão de 1000Kg de perfil de alumínio e duma metodologia base assim como as condições em que os dados poderão ser utilizados numa ACV.

Com o objetivo de entender os pressupostos assumidos que deram origem aos valores apresentados neste relatório apresenta-se de seguida uma breve descrição do mesmo. A sua compreensão será necessária a fim de entender se este relatório reúne as condições que o permitam de ser utilizado como referência para comparação do objeto do estudo da presente dissertação.

Os dados de inventário cobrem as etapas desde o fornecimento dos billetes de extrusão na fábrica até à produção dos perfis de alumínio (European Aluminium Association, 2002). Estes poderão ser utilizados como referência para o processo de extrusão de perfis de alumínio a serem aplicados em caixilharias ou no fabrico de componentes para a indústria automóvel. Inclui-se também no relatório a reciclagem da sucata de alumínio proveniente do processo de extrusão. Ao contrário do que se propõe estudar com a presente dissertação, este relatório não inclui tratamento de superfície dos perfis.

O quadro que se segue indica quais os processos que foram considerados no estudo assim como a reciclagem que daí resulta.

PRODUÇÃO DOS PERFIS		PROCESSO DE RECICLAGEM
Sucata produzida por 1000 Kg de alumínio		
1. Corte dos “logs” em billetes e escarpelamento	268Kg	8. Fundição e lingotamento
2. Pré-aquecimento dos billetes		
3. Extrusão		
4. Esticamento	309Kg	
5. Corte dos perfis		
6. Endurecimento		
7. Embalagem		

Quadro 2.2 Processos incluídos na análise do sistema (European Aluminium Association, 2002)

O critério adotado para exclusão de fluxos na tabela de inventário é aplicado conforme a “Regra de Categoria do Produto” para portas e janelas anteriormente referida, pelo que os fluxos de entrada/saída cuja massa seja inferior a 1% da massa total do produto não são incluídos. Neste relatório o inventario

foi estruturado de modo a identificar qual o processo (extrusão do alumínio, ou processo de reciclagem de sucata) a que cada fluxo está associado. Para fluxos que estejam envolvidos em ambos os processos os dados fornecidos vêm agregados.

Tipo de fluxo	Direção	Substância	Processo envolvido		Quantidade	Un.	Ambiente	Obs.
			Extr.	Reciclagem da sucata de alumínio				
Recursos naturais	Entrada	Carvão	x	x	158	Kg	Solo	
	Entrada	Petróleo bruto	x	x	43	Kg	Solo	
	Entrada	Hulha	x	x	151	Kg	Solo	
	Entrada	Gás natural	x	x	135	Kg	Solo	
Recurso refinado	Entrada	Aditivos de liga		x	18,6	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Lingote de alumínio	x		1013	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Ar -gás		x	0,53	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Cloro		x	0,081	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Eletricidade	x	x	749	kWh	Tecnosfera	Origem da energia (KWh): Nuclear: 532 Hídrica: 217
	Entrada	Fundentes (sais)		x	0,36	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	NaOH	x		28	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Nitrogênio		x	0,3	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Papel e papelão	x		3	Kg	Tecnosfera	Usado para embalagem dos perfis
	Entrada	Plásticos	x		2,1	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Aço	x		0,9	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Madeira	x		28	Kg	Tecnosfera	
	Entrada	Materiais refratários		x	1,2	Kg	Tecnosfera	
Entrada	Água	x	x	30	m <sup>3</sup>	Tecnosfera	Arrefecimento	
Emissão	Saída	CH4	X	x	2,2	Kg	Ar	Ligado à utilização de energia
	Saída	Cloretos	x	x	0,002	Kg	Ar	
	Saída	CO	X	x	0,23	Kg	Ar	
	Saída	CO2	x	x	860	Kg	Ar	

	Saída	Poeira	x	x	0,69	Kg	Ar	elétrica
	Saída	HC	x	x	0,79	Kg	Ar	
	Saída	HF	x	x	0,01	Kg	Ar	
	Saída	NH3	x	x	0,0016	Kg	Ar	
	Saída	NOx	x	x	1,5	Kg	Ar	
	Saída	Óleo / graxa	x	x	0,063	Kg	Água	
	Saída	SO2	x	x	3,2	Kg	Ar	
	Saída	Partículas em suspensão	x	x	0,33	Kg	Água	
	Saída	HCl	x	x	0,1	Kg	Ar	Parcialmente ligado à utilização de energia.
	Saída	Cloretos		x	2,7	Kg	Água	
	Saída	CQO <sup>1</sup>	x		0,003	Kg	Água	
<b>Produto</b>	Saída	Perfil de alumínio extrudido	x		1000	Kg	Tecnosfera	
<b>Resíduo</b>	Saída	Os resíduos sólidos não especificados	x	x	23	Kg	Tecnosfera	
	Saída	Óleo	x		1,7	Kg	Tecnosfera	O óleo é reprocessado ou queimado
	Saída	Lodo	x		29	Kg	Tecnosfera	

Quadro 2.3 Fluxo de entradas/saídas do processo de extrusão e reciclagem por 1000 Kg perfil de alumínio extrudido (European Aluminium Association, 2002)

<sup>1</sup> DQO= carência química de oxigénio

### 2.3 Incertezas dos dados

Numa análise do ciclo de vida o nível de precisão associado aos dados assumidos na análise depende do uso final dos resultados e do seu destinatário, ou seja, os resultados poderão ser utilizados para apoiar tomadas de decisões de um processo interno ou para serem publicados. Além do público pretendido, o nível exigido de precisão dos dados pode ser baseado no grau de importância da decisão e da parcela económica envolvida. Por exemplo, se a intenção de realizar a ACV é apenas para fins internos e servindo como fundamento para tomadas de decisão, então alguns valores estimados poderão ser aplicados. Isto pode reduzir o custo global e o tempo necessário para realizar um estudo de ACV, bem como permitir a conclusão do estudo, na ausência de dados precisos.

A via alternativa recorre a informações disponibilizadas por base de dados, com base em valores que têm em conta a generalidade dos processos existentes em médios industriais (valores médios). Esta abordagem, no entanto, deve ser aplicada com os devidos cuidados tendo em conta as possíveis limitações:

- As diferentes fontes de dados geralmente têm diferentes níveis de qualidade no que diz respeito à representação geográfica, tecnologia, representação de tempo, fiabilidade, etc. (Azari-na, 2011).
- Geralmente fornecem os dados que são baseados em diferentes processos e metodologias, geralmente não transparentes para terceiros pesquisadores, comprometendo assim o controlo de qualidade de dados.

## **2.4 Programas de rotulagem ambiental**

A ACV permite, por outro lado, fundamentar os critérios de atribuição do rótulo ecológico e fornecer informação acessível aos consumidores sobre a qualidade ambiental dos produtos, o que se reflete positivamente na imagem social da empresa que os produz e nas suas estratégias comerciais. Com efeito, o grande interesse para as empresas do sistema de rótulo ecológico reside não tanto na vantagem associada à etiquetagem em si, mas sim em todos os benefícios económicos e ecológicos gerados na empresa com a aplicação da ACV como instrumento de gestão (Azevedo, 2012).

Pretende-se nesta secção fazer uma breve descrição dos diferentes tipos de rotulagem ambiental.

### **2.4.1 Rotulagem Tipo I**

De acordo com a definição da serie de normas ISO 14000, os rótulos ambientais tipo I são *"Programas voluntários que concedem rótulos refletindo uma preferência ambiental global de um produto dentro de uma categoria particular, baseados em considerações do ciclo de vida"*.

Os rótulos ambientais tipo I são adequados para mercados onde o consumidor pode geralmente ser considerado desinformado ou não-especialista. Os rótulos ambientais destinam-se a permitir ao consumidor fazer uma seleção simples entre produtos ambientalmente aceitáveis dentro de uma categoria particular.

Atualmente, na Europa encontram-se em vigor esquemas de rotulagem ambiental aos níveis nacional, multinacional e europeu, tais como o “Anjo Azul” (Alemanha), o “Cisne” (países do Nórdicos) e o rótulo ecológico europeu (Couto, 2011). O rótulo ecológico europeu pode ser atribuído a produtos na UE que cumpram certos critérios e requisitos ambientais e são estabelecidos por grupos de produtos, ou seja, quando cumprem finalidades similares e que sejam equivalentes em termos de utilização e de perceção pelos consumidores.



Figura 2.4 Rótulo ecológico Europeu

#### 2.4.2 Rotulagem Tipo II – Auto declarações Ambientais

As auto declarações ambientais são desenvolvidas pelos fabricantes, importadores ou distribuidores. Não são certificadas por uma terceira parte independente, não são pré-determinadas nem estão sujeitas a critérios comuns. Deste modo, a exatidão, credibilidade e fiabilidade deste tipo de rotulagem é questionável face às declarações ambientais do Tipo I e III. No entanto apresentam vantagem por se serem de fácil compreensão pelos consumidores (Couto, 2011). A título de exemplo apresentam-se na Figura 2.5 símbolos amplamente reconhecidos pelo consumidor adotados em auto declarações ambientais.



Figura 2.5 Exemplo de Auto declarações Ambientais – Produto reciclado

#### 2.4.3 Rotulagem Tipo III – Declarações Ambientais do Produto (DAP)

Uma Declaração Ambiental do Produto (em inglês, *Environmental Product Declaration* - EPD) representa um documento elaborado à luz da norma ISO 14025/TR e tem como base apresentar um conjunto de informação rigorosa e detalhada, relativa aos aspetos e impactes ambientais associados a um produto ou serviço ao longo do seu ciclo de vida e baseada na informação de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Conforme descrito na norma ISO 14025:2006, as declarações ambientais do tipo III, são principalmente indicadas para comunicação “business-to-business”, contudo a sua utilização em empresas e consumidores, sob certas condições, não é excluída. Trata-se de uma ferramenta de suporte a arquitetos, projetistas, engenheiros e consumidores finais para que possam certificar-se que estão a adquirir e utilizar um produto com um determinado desempenho ambiental, tornando-se assim uma fonte de informação fidedigna para a avaliação da sustentabilidade do ambiente construído.

Numa DAP é avaliada a contribuição dos diferentes materiais presentes no produto e das principais atividades e processos incluídos no ciclo de vida do produto para um conjunto predeterminado de parâmetros ambientais. Esses parâmetros são estabelecidos pelas Regras de Categoria dos Produtos (RCP). As RCP constituem um conjunto de regras harmonizadas, exigências e diretrizes específicas

para o desenvolvimento de uma declaração ambiental para um ou mais grupos de produtos que desempenham funções equivalentes permitindo a comparação entre produtos da mesma categoria.

Neste âmbito foi criado o sistema de DAPHabitat que visa desenvolver um sistema de verificação e registo de declarações ambientais dos produtos. Este programa, de registo nacional permite que empresas ou entidades interessadas, voluntariamente solicitem o registo de uma DAP de forma a comunicar o desempenho ambiental dos seus produtos (Centro Habitat, 2012).

Para a realização deste estudo foi consultado a RCP para portas e janelas que se encontra disponível na página da [epd-norge.no](http://epd-norge.no) (The Norwegian EPD Foundation, 2007).

## **2.5 Prevenção de Resíduos**

A prevenção de resíduos é referida como uma medida tomada para reduzir o impacto negativo dos resíduos gerados no ambiente e na saúde humana.

Quando a unidade funcional do produto é perdida, este poderá dar entrada no sistema de gestão de resíduos, isto é, poderá ser reciclado, reutilizado ou recorrer-se à recuperação energética do produto. Desde modo é possível reduzir ou evitar a criação de resíduos. Frequentemente é a melhor solução possível, uma vez que, os recursos não são perdidos e os impactos negativos associados à gestão ambiental de resíduos são evitados.

De acordo com os investigadores do *Institute for Environment and Sustainability* (2001), existem varias formas de prevenção de resíduos:

- Otimizar o processo de produção, isso pode significar redução da quantidade total de materiais extraídos/processados, necessários ao fabrico do produto, bem como a quantidade total de resíduos gerados ao longo do ciclo de vida do produto;
- Substituição de um recurso por outro com elevados benefícios ambientais, por exemplo substituir um material perigoso por um não-perigoso;
- Reutilização de um produto sem que seja necessário recorrer a operações de preparação, de lavagem ou de pré-processamento.

Os benefícios poderão ser notórios e devem ser considerados na análise do ciclo de vida do produto, contudo, a sua prevenção poderá influenciar negativamente outros aspetos do ciclo de vida do produto.

### **2.5.1 Reciclagem**

Reciclagem significa qualquer operação de valorização, pelo qual os resíduos são novamente transformados a fim de se obter novos produtos, materiais ou substâncias, recuperando a função original. Inclui o reprocessamento de materiais, mas não inclui a valorização energética, nem operações de aterro. A produção de materiais primários pode exigir quantidades significativas de energia e matérias-primas, pelo que o processamento em materiais “secundários” pode ser

ambientalmente mais vantajoso. No entanto, são vários os fatores que podem influenciar significativamente a comparação ambiental de reciclagem e as opções de gestão alternativas:

- O produto (s) que o material reciclado irá substituir;
- A eficiência da reciclagem (a quantidade de produto é perdida no processo);
- O consumo de energia necessária ao processo de reciclagem;
- A distância da fábrica de reprocessamento e do tipo de transporte utilizado.

No presente estudo a reciclagem será abordada para produtos com conteúdo reciclável. Isto significa incluir toda a sucata de alumínio produzida no processo de extrusão. Uma vez que essa sucata se traduz em perdas de eficiência no processo de extrusão, conforme explicado anteriormente, e o seu aproveitamento, recorrendo à reciclagem, será considerado.

### 2.5.2 Aterro

Por vezes o depósito dos resíduos em aterros é inevitável. Para alguns tipos de resíduos, o aterro como destino final significa a solução que conduz a menores impactes ambientais, tais como materiais inertes com baixo desempenho técnico. A reciclagem poderá significar reprocessamento e transporte do resíduo. Deste modo os encargos associados a estes processos poderão implicar maiores encargos de produção tornando o depósito em aterro numa solução ambientalmente mais correta.

### 3 METODOLOGIA

Para se atingir o objetivo proposto no âmbito deste trabalho foi necessário recorrer à metodologia descrita pela serie de normas ISO 14040 da Organização Internacional para Normalização.

De seguida apresenta-se uma breve descrição da mesma.

#### Considerações gerais

Conforme referido anteriormente o termo ciclo de vida refere-se às atividades no decurso da vida do produto desde a sua extração e processamento até à deposição final dos resíduos.

A Figura 3.1 ilustra as possíveis fases de ciclo de vida que podem ser considerados numa análise do ciclo de vida (ACV) assim como os típicos fluxos de entradas e de saídas (USEPA, 2001).

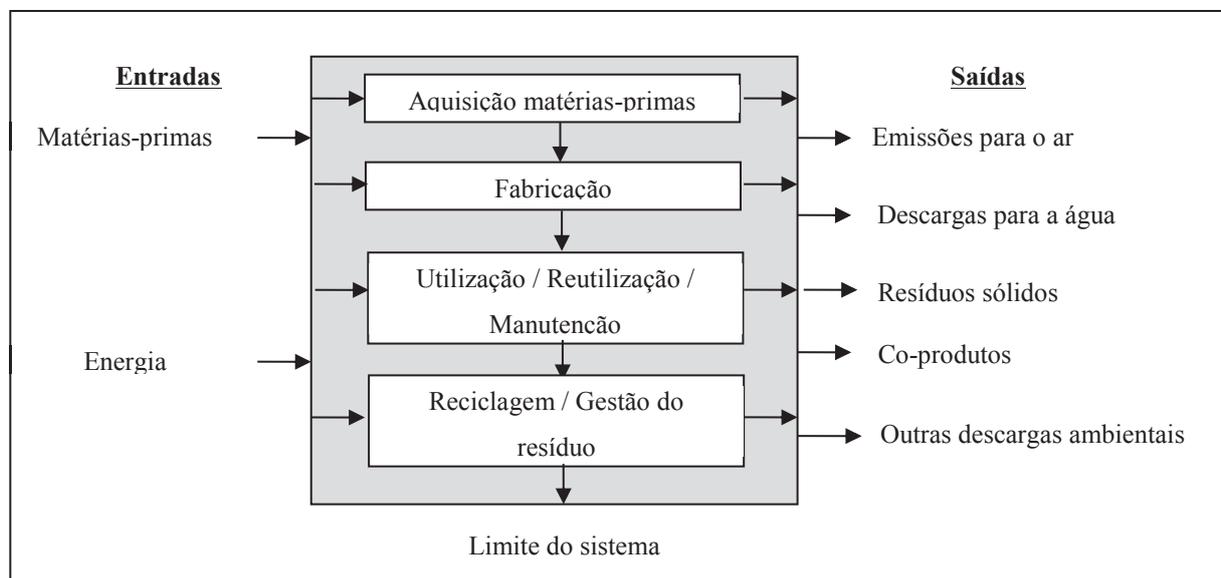


Figura 3.1 Fases do ciclo de vida do produto (USEPA, 2001)

A Norma ISO 14040:1997 estabelece 4 fases na avaliação de ciclo de vida: (i) definição do objetivo e âmbito; (ii) análise de inventário; (iii) avaliação de impactos; (iv) interpretação dos resultados. A Figura 3.2 ilustra a interligação que existe entre cada fase deste tipo de estudo.

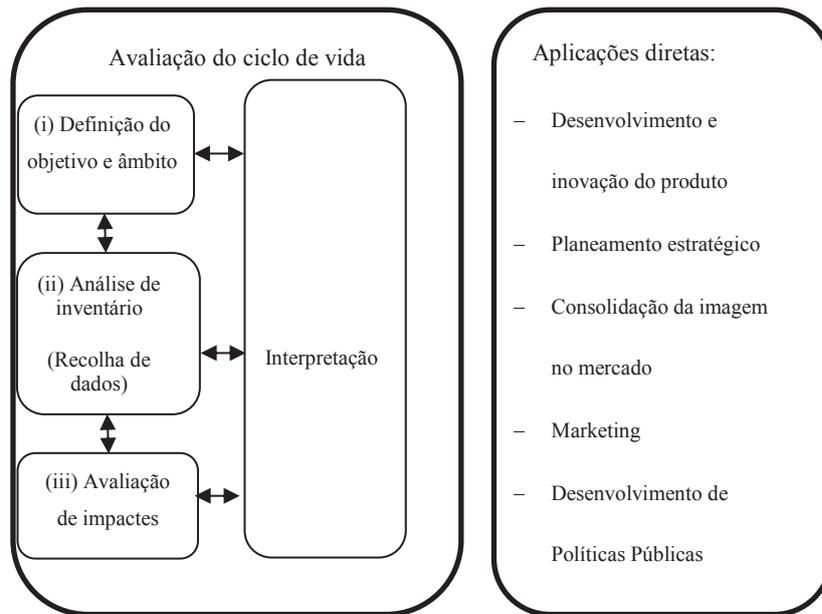


Figura 3.2 Fases de uma análise do ciclo de vida (baseado na ISO 14040:2007)

#### (i) Definição do objetivo e âmbito

A definição do objetivo e âmbito é a primeira etapa de um estudo de ACV. O objetivo e âmbito do estudo devem ser claramente definidos e consistentes com a aplicação prevista.

#### Objetivo do estudo

O objetivo de um estudo de ACV deve incluir:

- A aplicação prevista para o resultado do estudo
- As razões que levaram ao seu desenvolvimento assim como os destinatários, ou seja, a quem irão ser comunicados os resultados do estudo

#### Âmbito

A definição de âmbito de uma ACV está relacionada com o detalhe com que se pretende desenvolver o estudo. Nesta fase deverá ser estabelecido o tipo de informação necessária às tomadas de decisão, bem como a precisão dos resultados e como os resultados devem ser interpretados e apresentados de forma útil e significativa. Assim, na sua definição, devem ser descritos os seguintes itens:

- a. Definição do produto;
- b. Unidade funcional/unidade declarada;
- c. Definição das fronteiras do (s) sistema (s) do produto;
- d. Regras de alocação;
- e. Dados necessários à caracterização do (s) sistema (s);
- f. Pressupostos assumidos.

#### *a. Definição do produto*

A descrição do produto permite identificar qual o produto objeto do estudo. Deve ainda conter quais as especificações técnicas do produto.

#### *b. Unidade funcional/declarada*

A unidade funcional (u.f.) é a medida que constitui uma referência, em relação à qual se irão determinar os dados de entrada e de saída do sistema. A unidade funcional deverá descrever uma função relacionada com a utilização e deverá incluir a vida útil de referência do produto. Poderá então ser usada em análises comparativas de produtos que desempenham funções equivalentes. Por exemplo, numa ACV para comparar dois tipos de tinta, a unidade funcional escolhida deve ter em conta a função da tinta, que é cobrir uma superfície de modo a protegê-la e embelezá-la. Portanto, a unidade funcional que se deve escolher é uma área de superfície pintada. Ainda deve ser considerado o tempo de vida útil, dado que diferentes tintas podem ter diferentes durabilidades (Ferrão, 1998). A análise funcional apenas poderá ser determinada em ACV que abrangem a fase de utilização do produto.

Para declarações que excluem a fase de utilização, é definida a unidade declarada (u.d.) e não deve ser usada em análises de comparação de diferentes produtos (ISO 21930:2007). Desta forma prevê-se a possibilidade de existir produtos que apesar de apresentarem um reduzido impacto ambiental durante uma determinada fase do seu ciclo de vida, quando comparados com outros produtos, poderão por outro lado, causar elevados impactos ambientais numa outra fase que não será tida em conta. Esta unidade irá fornecer uma referência, de forma a obter dados referentes aos fluxos de materiais, emissões e portanto, impactos ambientais para uma base comum, caso apenas se pretenda avaliar um ou mais fases mas que não completem o ciclo de vida do produto. Neste caso é necessário definir a fase do ciclo de vida em que se insere a análise e portanto, não é definida a vida útil de referência.

Os sistemas serão comparados usando a mesma unidade funcional e equivalentes considerações metodológicas tais como o desempenho de funções similares, as fronteiras do sistema, qualidade de dados, procedimentos de alocação e avaliação de impacto.

Além de garantir conformidade com as exigências explícitas do padrão, as normas ISO exigem a revisão crítica para garantir que os métodos utilizados para realizar a avaliação do ciclo de vida são cientificamente e tecnicamente válidos. Para a fase de inventário, a questão mais importante neste contexto é a forma como os dados são agregados. A justificação científica para agregar dados deve ser minuciosamente analisada.

A ACV é uma técnica iterativa, pelo que, o âmbito do estudo pode necessitar de ser modificado durante a sua condução à medida que é recolhida informação adicional.

### *c. Definição das fronteiras do (s) sistema (s) do produto*

As fronteiras do sistema do produto definem quais os processos envolvidos no ciclo de vida do produto que irão ser incluídos na ACV. Na metodologia ACV “berço-tumulo” as entradas em cada processo são consideradas desde o ponto em que são extraídos os recursos da natureza, sendo as saídas seguidas até à descarga final do resíduo no ambiente (Ferreira, 2004). Contudo, o âmbito do estudo pode incidir em algumas fases intermédias.

Por outro lado, um aspeto relacionado com as fronteiras entre o sistema de produto estudado e outros sistemas de produto, relaciona-se com o facto de muitos processos terem entradas ou saídas para outros sistemas de produto (i.e, processos multi-sistema). Assim, o limite entre o sistema de produto estudado e outro sistema de produto deve ser definido, tendo em consideração estes processos, devendo parte das entradas e saídas ambientais dos processos ser afetas entre estes diferentes sistemas de produto (Ferreira, 2004).

### *d. Regras de alocação*

Dado que a maioria dos processos industriais produz mais do que um produto pretendido é necessário determinar a contribuição do produto na avaliação do impacte ambiental. A Norma prEN 15804:2011 prevê a necessidade de distribuir proporcionalmente a responsabilidade de consumo de recursos, fluxos de emissões e fluxos de resíduos associados a um processo em que estejam envolvidos coprodutos que deem entrada em diferentes sistemas de produto. O critério mais comum de alocação é com base da massa dos coprodutos, contudo a alocação com base em propriedades, tais como massa, conteúdo de energia, ou valor económico pode também ser utilizados.

A norma ISO14041 (1998) recomenda, sempre que possível, de forma decrescente a seguinte ordem de prioridades para os procedimentos de alocação:

- Evitar a alocação, através da divisão do processo unitário em dois ou mais processos;
- Recorrer à expansão do sistema para evitar a alocação;
- Aplicação de uma relação física (por exemplo, massa, energia, volume) entre os produtos envolvidos no processo;
- Aplicação de acordo com o valor económico dos produtos.

De uma forma geral a expansão do sistema não é desejável. Isso implica um maior esforço de recolha de dados, avaliação e interpretação sem focar o âmbito do estudo (Werner & Richter, 2000).

### (ii) Análise de inventário

A análise de inventário envolve a compilação e tratamento de dados para quantificar as correntes de entrada e saídas relevantes de um sistema. Estas entradas e saídas correspondem prospectivamente ao uso de recursos (materiais e energéticos) e emissões para o ar, água e solo, associadas a cada etapa do processo.

Deste inventário resulta uma extensa quantidade de dados numéricos (fase ICV) os quais, para serem manipuláveis e interpretáveis, têm de ser agrupados (através de fatores de equivalência adequados) em cargas ambientais globais, também designadas por categorias de impacte (aquecimento global, depleção da camada de ozono, eutrofização, depleção de energia, etc.). Os seus valores poderão opcionalmente ser subsequentemente ponderados ou agregados num valor único (Índice ambiental).

### (iii) Avaliação de impactes

A avaliação de impactes analisa o potencial efeito para o ambiente que resulta das intervenções ambientais identificadas na análise de inventário.

De acordo com a ISO 14043:2000 esta fase compreende os seguintes elementos:

- a. Classificação;
- b. Caracterização;
- c. Normalização;
- d. Agregação;
- e. Ponderação.

#### a. Classificação

Nesta fase as emissões e recursos consumidos são atribuídos às categorias de impacte quando efeitos atuais são prováveis ocorrerem no ambiente baseado na exposição provável (Ferreira, 2004). As normas ISO não estabelecem quais as categorias que devem ser usadas. A regra de categoria do produto seguida neste estudo (The Norwegian EPD Foundation, 2007) estabelece quais as categorias de impacte ambiental a serem aplicadas (Quadro 3.1).

<b>CATEGORIA DE IMPACTE</b>	<b>UNIDADE</b>
<b>Potencial de aquecimento global (GWP)</b>	[Kg CO <sub>2</sub> equiv]
<b>Potencial de depleção de ozono estratosférico (ODP)</b>	[Kg CFC 11 equiv]
<b>Potencial de acidificação (AP)</b>	[Kg SO <sub>2</sub> equiv]
<b>Eutrofização (NP)</b>	[Kg PO <sub>4</sub> equiv]
<b>“Smog” de verão (POCP)</b>	[Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equiv]

Quadro 3.1 Categoria de impacte ambiental indicados na RCP (The Norwegian EPD Foundation, 2007)

Contudo a importância de cada categoria depende da realidade ambiental de cada país. A título de exemplo, um produto que consuma elevada quantidade de água constitui um elevado impacte ambiental num país bastante árido. Deste modo é necessário ponderar o peso que cada categoria de impacte tem consoante os países onde o produto é produzido.

#### b. Caracterização

A fase de caracterização consiste em obter o perfil ambiental da unidade funcional do produto em estudo, pelo que, as diferentes substâncias irão ser convertidas, através dos fatores de caracterização,

numa substância padrão, para cada categoria de impacte particular. Por exemplo, as substâncias SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>, que contribuem para a acidificação, são convertidas em Kg SO<sub>2</sub> equivalente, multiplicando as respectivas quantidades pelos respectivos potenciais de acidificação (Ferreira, 2004).

SUBSTÂNCIA	QUANTIDADE (KG)		CATEGORIA DE IMPACTE	UNIDADES
Oil	131,6 X	PDA = 0,0201	Depleção Abiótica	Kg Sb eq.
CO <sub>2</sub>	395 X	GWP = 1	Aquecimento Global	Kg CO <sub>2</sub> eq.
NO <sub>x</sub>	5,8 X	POCP = 0,028	Oxidação Fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> eq.
		HCA = 1,2	Toxicidade Humana	Kg 1,2 - db eq.
SO <sub>2</sub>	4,6 X	POCP = 0,048	Oxidação Fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> eq.
		HCA = 0,096	Toxicidade Humana	Kg 1,2 - db eq.
		AP = 0,5	Acidificação	Kg SO <sub>2</sub> eq.
		NP = 0,13	Eutrofização	Kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.

Quadro 3.2 Exemplos de fatores de Caracterização (Ferreira, 2004)

### c. Normalização

Neste estudo os valores obtidos para a normalização encontram-se normalizados de acordo com os valores médios associados a um cidadão europeu em função de cada categoria de impacte ambiental. Cada valor médio é determinado dividindo o valor total do impacte ambiental produzido pela Europa numa categoria, pelo número de cidadãos europeus.

### c. Agregação. d. Ponderação

Os valores correspondentes às várias categorias podem opcionalmente serem agrupados em subconjuntos de categorias. Também os valores do perfil ambiental normalizado podem ser ponderados e agregados num valor único, designado por indicador ambiental único. Este índice exprime de uma forma singular o efeito global do ciclo de vida estudado no ambiente. O processo de ponderação é relativamente explícito no caso da metodologia do *Eco-indicator 95*. Torna-se assim simples comparar quantitativamente vários produtos ou processos utilizando um único indicador, que por sua vez condensa em si uma vasta quantidade de informação.

### (iv) Interpretação

Nesta fase são avaliados os resultados da análise de inventário e da análise de impacte a fim de seleccionar o produto, processo ou serviço ambientalmente mais correto, com uma compreensão clara das incertezas e pressupostos assumidos que geraram os resultados.

## 4 APLICAÇÃO A CASO DE ESTUDO

Com o objetivo de avaliar o perfil ambiental associado à produção de um dos principais elementos que constituem uma janela de um edifício, foi modelado o processo de fabrico dos perfis de alumínio. A análise, realizada com recurso à ferramenta SimaPro 5.0 (Pré consultants, 2001), consistiu na construção do fluxograma dos processos incluídos no âmbito do estudo. Os dados de entrada e de saída necessários para a realização do estudo foram obtidos quer utilizando valores referenciados em base de dados, quer através de contacto com empresa de especialidade.

Este capítulo encontra-se organizado em 3 secções. Na secção 4.1 é aplicado a análise do ciclo de vida ao processo de fabrico dos perfis de alumínio, desde a extração das matérias-primas até à porta da fábrica – Fase do produto. Na secção 4.2 são comparados os resultados obtidos neste estudo com os resultados provenientes de outros estudos realizados no mesmo âmbito. Pretende-se desta forma observar as incertezas que poderão estar associadas a este tipo de estudos. Na secção 4.3 é feito um estudo paramétrico de forma a estudar de que forma os impactes ambientais associados ao processo de extrusão podem ser minimizados.

### SimaPro 5.0

SimaPro é uma ferramenta comercial de ACV que permite analisar o desempenho ambiental de produtos e serviços. Deste modo a ferramenta possibilita ao utilizador modelar e analisar ciclos de vida complexos de produtos e serviços, de forma sistemática, de acordo com os princípios da norma ISO 14040. Na sua plataforma encontra-se uma biblioteca de materiais e de processos que fornecem dados de inventário, na forma de bases de dados, acoplados com ferramentas de cálculo de impactes. O SimaPro permite por outro lado criar produtos e serviços através da elaboração da tabela de inventário. Esta opção permitiu que fossem criadas processos para os dados reunidos junto da empresa de especialidade e por outro lado, interligar com outros processos existentes na base de dados.

Quanto à avaliação ambiental a ferramenta dispõe de vários métodos internacionalmente aceites a fim de classificar os fluxos de entrada e de saída. O método adotado na avaliação do perfil ambiental dos perfis de alumínio foi o *Eco-indicator 95* (Europe e) pois utiliza todas as categorias de impacte ambiental exigidas na RCP para portas e janelas (The Norwegian EPD Foundation, 2007) e por outro lado por se referir às condições europeias. Finalmente, este tipo de indicador utiliza uma abordagem orientada aos danos, isto é, relaciona as categorias de impacte ambiental a danos à saúde humana ou ao ecossistema.

### **4.1 ACV aplicado aos perfis de alumínio lacados**

Para um mais fácil acompanhamento da avaliação do ciclo de vida aplicada, o estudo irá ser desenvolvido seguindo as etapas identificadas no capítulo 3, como estabelecido na norma ISO 14040.

#### 4.1.1 Objetivo e Âmbito

O objetivo geral do presente estudo é, recorrendo à ACV e através do contacto com uma empresa de extrusão de alumínio e alguns valores referenciados na ferramenta SimaPro, determinar o perfil ambiental de 1000 Kg de perfil de alumínio extrudido utilizado no fabrico de uma janela, desde a extração das matérias-primas até à porta da fábrica – Fase do produto.

Conforme referido anteriormente, assume-se no presente estudo o fabrico de perfis de alumínio monolítico.

##### *a. Unidade declarada*

A unidade declarada adotada para este estudo foi 1000 Kg de alumínio extrudido lacado em Portugal Continental referente ano de 2011.

##### *b. Fronteira do sistema*

Conforme referido anteriormente, a fronteira do sistema define quais as unidades processuais envolvidas no ciclo de vida do produto que irão ser incluídas na ACV.

A serie de normas ISO 14040 permite estudar algumas fases intermédias do ciclo de vida do produto, tais como, desde o berço até à porta da fábrica (*Cradle-Gate*, isto é, desde a extração de recursos até ao fabrico do produto). Na terminologia designada pela ISO esta fase denomina-se de fase do produto (*Product stage*).

De acordo com a norma ISO 21930:2007 a fase do produto inclui as seguintes etapas:

- Extração e produção das matérias-primas e processamento de material secundário (alumínio reciclado);
- Transporte das matérias-primas (alumínio de 1ª fusão);
- Fabrico dos perfis de alumínio.

Na Figura 4.1 encontra-se uma representação esquemática, através de um diagrama de blocos, das fases consideradas na avaliação do perfil ambiental de acordo com os pressupostos assumidos que se seguem. Os blocos a traço interrompido encontram-se as fases que não foram consideradas no estudo devido à ausência de dados.

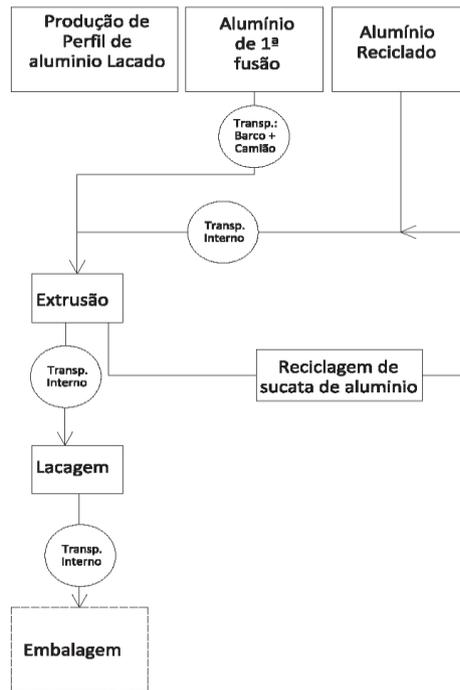


Figura 4.1 Árvore do processo de produção dos perfis de alumínio lacados

### c. Descrição de dados

No decorrer do estudo foi necessário efetuar algumas considerações no que respeita à recolha de dados, estando indicados de acordo com a estrutura que se segue.

#### – Fabrico dos perfis de alumínio

Os dados correspondentes à extração e produção de alumínio de 1ª fusão assim como o processamento de alumínio reciclado foram obtidos com recurso a bases de dados disponíveis no SimaPro 5.0.

Relativamente ao processo de extrusão a identificação/quantificação dos materiais, emissões e consumos energéticos diretamente envolvidos no processo foi obtido através do contacto com uma empresa de extrusão de alumínio. Desta forma foi desenvolvido um questionário (anexo A.1) que, direcionado à empresa, permitiu obter os fluxos de entrada/saída a cada processo unitário ao que possibilitou conhecer de uma forma mais detalhada o processo de extrusão. No entanto, encontrou-se alguma dificuldade em obter os dados de acordo com a organização do questionário tendo sido necessário fazer alguns ajustes. Os dados fornecidos pela fábrica não estabelecem valores de acordo com a extrusão de um determinado tipo de liga. Sendo os dados baseados em valores anuais de uma fábrica, onde a escolha do tipo de liga depende da encomenda solicitada pelo cliente e uma vez que os consumos energéticos associados ao processo de extrusão são mais elevados quando trabalhando com ligas de maior dureza, significa que os dados obtidos poderão estar sujeitos a algumas variações face a outros estudos. O processo de extrusão é efetuado através de duas prensas que operam de forma

independente, designando-se por P22 e P26. A prensa P22 é a que apresenta menor dimensão, menor calibre de extrusão, e usa eletricidade como única fonte energética, diferenciando-se da prensa P26 que usa gás natural.

– Transporte

Dado que os dados utilizados, com recurso à ferramenta SimaPro 5.0, relativamente à produção de alumínio de 1ª fusão, aplicam-se à Europa Ocidental tendo como destino final o porto de Roterdão na Holanda, foi necessário somar o transporte via marítima até ao porto de Lisboa mais o transporte rodoviário desde o porto Lisboa até à fábrica de extrusão.

A unidade de referência a usar no transporte é dada em Ton. Km e foi considerada com recurso à base de dados do SimaPro 5.0.

Quanto ao transporte das restantes matérias-primas desde o local da extração até ao local de Produção não foi considerado. Uma vez que a extensão do estudo termina nos perfis de alumínio até à porta da fábrica, não foi considerado o transporte até ao local de montagem das janelas.

– Bens de capital

Apesar de se tratar de uma forma indireta de entrada de energia no processo, os bens de capital normalmente não são considerados na ACV pelo que não serão considerados neste estudo. À semelhança com a metodologia adotada em BRE (Howard, Edwards, & Anderson, 1999) a manutenção dos bens de capital, incluindo mudanças de óleo, não serão também incluídos na ACV. No entanto pretendeu-se entender qual o destino final de alguns “consumíveis”, nomeadamente serras de corte dos perfis e matrizes de extrusão.

Da informação que se obteve junto da fábrica de extrusão apurou-se que as serras após o seu desgaste são retificadas e novamente recolocadas na unidade de corte, o que reduz significativamente o impacto ambiental associado à sua utilização.

No que respeita às matrizes de extrusão, sabe-se de acordo com resultados estatísticos determinados pela empresa, apresentam em média um volume de produção de 40 toneladas de perfil de alumínio.

*d. Pressupostos assumidos*

– Perfil de alumínio considerado

Tomou-se como referência o perfil representado na Figura 4.2. Esta informação foi utilizada na determinação da área de superfície lacada por Kg de perfil de modo a fornecer os dados em função da mesma unidade declarada.

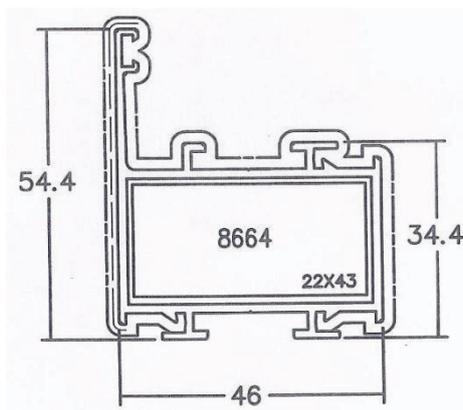


Figura 4.2 Perfil de alumínio – Secção Transversal

Remarks : All edges and corners without dimension R=0.2, tolerances for 0.2 <R<0.5 ±0.15, 0.5<R<5 ±0.2								R=0.5	
Standards EN 12020-2		For Al-Profile: Main visible surf. -----			Sec. visible surf. -----		Mech. treat. -----		
Material EN AW-6060		Total Ext. peri.	302 mm	Ext. peri. without TB	302 mm	Date	Name	Scale	
The strength R (N/mm <sup>2</sup> ) is defined in the related delivery specification		Total peri. int.+ext.	431 mm	Weight	0.890 kg/m	Drawn	01/01/00	HBSFRANCE	
		Mech. treat.	228 mm	Cross section	3.30 cm <sup>2</sup>	Approved			
		Main visible surf.	56 mm			Commercial Item No.		8664	
○				22x43 fixed frame section					
○				22x43 fixed frame section					
○									
○				Denomination		Doc No.	DOC-0000357658	Version A	
○						Item No.	Revision		
○								A	
Version	Alteration	Date	Name						

Figura 4.3 Especificações do perfil de alumínio

– Serviços gerais

Nesta categoria não foi possível identificar ou ponderar os consumos dos processos em que estão envolvidos. Inclui-se nesta categoria os consumos de processos auxiliares à produção tais como:

- Iluminação;
- Transporte interno, nomeadamente pontes rolantes, tapetes rolantes e carregamento das baterias das empilhadoras elétricas;
- Ar comprimido.

– Sistema electroprodutor

Uma vez que se pretende fornecer os resultados do estudo de acordo com o panorama geral da indústria portuguesa, foi utilizado no SimaPro5.0 o “mix” de produção de eletricidade nacional (*electricity Portugal B250*).

4.1.2 Análise de inventário

O esquema que se segue indica a origem dos dados assim como os critérios de conversão dos dados disponibilizados pela empresa para unidade declarada (1000 Kg).

**Fornecimento de alumínio**

**Alumínio de 1ª Fusão**

Os dados considerados referentes à utilização de alumínio de 1ª fusão foram encontrados na base de dados do SimaPro 5.0 tendo sido usado como referencia a liga de alumínio 6060 (AlMgSi0.5).

**Transporte**

- Recorrendo à ferramenta SimaPro5.0 assumiu-se o transporte por via marítima de 2000 Km (“Bulk carrier I”)
- O transporte desde o porto de Lisboa até à fábrica foi estimado em 30Km (“Truck 28t B250”)

A fim de se obter os dados por unidade declarada é necessário considerar a proporção de alumínio de 1ª fusão usado na produção de 1000 Kg de perfil de alumínio.

Transporte	Dist.	Al. 1ª fusão	
		Al. 1ª fusão	Al. 1ª fusão + Al. Recicl.
Bulk carrier I	2000 km	29%	580Ton.Km
Truck 28t B250	30 km		8,7Ton.Km

**Alumínio de origem reciclada**

Quanto ao alumínio reciclado que também é usado na extrusão dos perfis, é proveniente de sucata adquirida pela empresa que posteriormente refundida e após todo o processo de acerto da liga é moldada em billetes de extrusão. Os dados considerados referentes à utilização de alumínio reciclado foram encontrados na base de dados SimaPro 5.0 tendo sido usado como referência: “aluminium 100% recycled ETH T” ao que já inclui transporte.

Por outro lado foi necessário considerar no estudo o processo de reciclagem da sucata de alumínio proveniente do processo de extrusão (*closed-loop*). Por a fábrica contactada neste estudo estar licenciada para o exercício da atividade de reciclagem do alumínio, foi então possível considerar o processo de reciclagem do alumínio pelo que se exclui o seu transporte. Deste modo foi selecionado o processo “Recycling aluminium B250”.

Alumínio utilizado pela fábrica	Valores recolhidos (anual)	Valor por unidade declarada
A quantidade de alumínio por unidade declarada foi estimada determinando o quociente entre quantidade de alumínio utilizada no processo de extrusão e o volume de produção de perfis referente ao mesmo período temporal (ano 2011).		
Alumínio de 1ª fusão	3792 Ton	370Kg
Alumínio de origem reciclada	9149 Ton	890Kg
Volume de produção de perfis	10224 Ton	-

### Extrusão

- Os dados energéticos obtidos para a extrusão do alumínio resultam da combinação das duas prensas, assim como o arrefecimento através de ar comprimido, corte dos perfis em dimensões comerciais e esticamento.
- O transporte das matrizes de extrusão é realizado através de ponte rolantes elétricas assim como a iluminação e restantes processos auxiliares envolvidos no processo também estão contabilizados nos mesmos valores.
- Os valores facultados pela empresa referentes ao consumo de eletricidade e gás natural já vêm expressos para tonelada de perfil de alumínio produzido.
- Assume-se sucata, a quantidade total de sucata planeada mais a sucata não planeada (Perfis defeituosos).
- Uma vez que a sucata de alumínio que provem do processo de extrusão é reciclada e volta a dar entrada no processo de extrusão (*closed-loop*), este valor (0,27Ton) é deduzido no valor de entrada de alumínio de origem reciclada, ou seja, aos 890Kg necessário à extrusão de uma unidade declarada de perfis será subtraído 270 kg. Como referido anteriormente, será ainda somado a parcela correspondente ao processo de reciclagem de 270 Kg de sucata de alumínio (Base de dados SimaPro 5.0).

Fluxo	Direção	Subprocessos envolvidos			Valores recolhidos (anual)	Valor por unidade declarada
		Extrusão	Esticamento	Corte		
Eletricidade	Entrada	x	x	x	-	461,6 KWh
Gás Natural	Entrada	x			-	554,6 KWh
Sucata	Saída	x		x	2806Ton	0,27 Ton



### Endurecimento

- O endurecimento dos perfis é feito através de fornos, sendo dois fornos a gás natural e outros dois elétricos.
- Nesta fase interessa conhecer os consumos de eletricidade e de gás natural dos quatro fornos. Contudo os dados disponíveis pela empresa já agregavam os 2 tipos de consumo sendo o valor dado em KWh. A desagregação dos 2 tipos de recursos energéticos foi feita através da ponderação dos volumes de produção dos 2 tipos de fornos.
- Uma vez estimado o consumo de gás e o de eletricidade separadamente e conhecendo o volume de produção de cada tipo de forno foi possível obter os dados por Kg de perfil de alumínio.

#### Fluxos de entrada

		Valores recolhidos (anual)	Valor por unidade declarada
Gás		589680KWh	40,5 KWh
Eletricidade			17,2 KWh
2 Fornos elétricos	Volume de produção	3047,8 Ton	-
	Tempo de funcionamento	2962 Horas	
2 Fornos a Gás Natural	Volume de produção	7176,1 Ton	-
	Tempo de funcionamento	4463 Horas	

#### Fluxos de Saída

- A avaliação das emissões originadas pelos fornos a gás foi possível através da consulta de um relatório emitido no ano 2010. Pensa-se, contudo que tais valores não relevam diferenças significativas face ao ano de 2011, uma vez que se conhecem os valores de emissões por hora de funcionamento dos fornos.
- Conhecendo o número de horas de funcionamento dos fornos a gás durante o ano 2011, foram estimadas as emissões totais, que dividido pelo volume de produção total (4 fornos) obtém-se os dados por unidade declarada.
- Note-se que é feita uma média dos valores medidos para os 2 fornos a gás.

Fluxo	Valor medido (Kg/h)	Nº Horas de funcionamento	Volume de Produção	Valor por unidade declarada
Óxido de azoto (NOx e NO <sub>2</sub> )	0,025	4463	10224 Ton	0,011Kg
CO	0,075			0,033Kg
COV <sup>1</sup>	0,005			0,0022Kg
Partículas	0,0006			0,0003Kg



### Lacagem

- À semelhança com o que foi descrito anteriormente, a conversão dos valores recolhidos para valores por m<sup>2</sup> foi feita a partir do quociente entre valores anuais e o volume de produção anual. Contudo é do interesse deste estudo fornecer os valores de acordo com a mesma unidade funcional, pelo que foi necessário convertê-los para tonelada de acordo com as especificações do perfil tomado como referência:

$$\text{Perímetro exterior do perfil} = 302 \text{ mm} = 0,302 \text{ m}$$

$$\text{Massa do perfil} = 0,89 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Área de lacagem} = \frac{0,302}{0,89} = 0,34 \text{ m}^2/\text{kg} = 340 \text{ m}^2/\text{Ton}$$

#### Fluxos de entrada

Fluxo	Valores recolhidos (anual)	Valor por m <sup>2</sup>	Valor por unidade declarada
Água desmineralizada	5428m <sup>3</sup>	10,59 l	3601 l
Gás natural	1255929 KWh	2,54 KWh	864 KWh
Eletricidade	686916 KWh	1,34 KWh	456 KWh
Volume de produção	512624 m <sup>2</sup>	-	-

#### Fluxos de Saídas para o ar

- Os dados por unidade declarada são obtidos da mesma forma que o fluxo de saídas do processo de endurecimento.

Fluxo	Valor medido (Kg/h)	Nº Horas de funcionamento	Volume de Produção (m <sup>2</sup> )	Área de lacagem	Valor por unidade declarada
H <sub>2</sub> S	0,02	3816	512624	340m <sup>2</sup> /Ton	0,051Kg
COV's <sup>1</sup>	<0,04				<0,101Kg

#### Fluxos de Saída para a água

- A fábrica incorpora um estação de tratamento de resíduos. A consulta do relatório emitido periodicamente permitiu-se avaliar as descargas para o coletor municipal. Contudo esta monitorização incorpora todos os sectores de produção da fábrica, nomeadamente lacagem, extrusão e reciclagem. Não sendo possível avaliar as descargas para água por sector, utilizado uma relação causal, este valor foi estimado multiplicando a concentração de compostos medidos à entrada do coletor municipal pelo volume de água de cada sector. Uma vez obtido esse valor é dividido pelo volume de produção da lacagem em metros quadrados e convertido para 1000Kg de perfil de alumínio lacado tomando como referência o mesmo perfil.

Fluxo	Valor medido de descarga	Unidade	Volume de produção	Área de lacagem	Valor por unidade declarada
Total de água (Lacagem)	5428	m <sup>3</sup>	512624 m <sup>2</sup>	340m <sup>2</sup> /Ton	-
CBO <sup>2</sup>	157,7	mg/l			567,74g
CQO <sup>3</sup>	345	mg/l			1242,05g
pH	7,2	-			
Sólidos suspensos	197,33	mg/l			710,42g

1- Compostos Orgânicos Voláteis, 2- Carência Bioquímica de Oxigénio, 3- Carência química de Oxigénio

O Quadro 4.1 e o Quadro 4.2 apresentam de uma forma sintetizada todos os fluxos de entrada/saída recolhidos junto da fábrica, envolvidos no processo de extrusão e de lacagem respetivamente, e vêm expressos de acordo com a unidade declarada.

FLUXO	DIREÇÃO	SUBPROCESSOS ENVOLVIDOS				QUANT.	UN.	AMBIENTE
		Ext.	Corte	Endur.	Serviços Gerais			
<b>Alumínio de 1ª fusão</b>	Entrada	x				370,0	Kg	Tecnosfera
<b>Alumínio reciclado</b>	Entrada	x				890,0	Kg	Tecnosfera
<b>Gás natural</b>	Entrada	x				461,6	KWh	Tecnosfera
	Entrada			x		40,5	KWh	Tecnosfera
<b>Eletricidade</b>	Entrada	x	x			554,6	KWh	Tecnosfera
	Entrada			x		17,2	KWh	Tecnosfera
	Entrada				x	83,2	KWh	Tecnosfera
<b>Sucata de alumínio</b>	Saída	x	x			270	Kg	Tecnosfera
<b>Óleo lubrificante</b>	Entrada	x	x			0,28	Kg	Tecnosfera
<b>Água</b>	Entrada	x	x	x	x	440	Kg	Tecnosfera
<b>Grafite</b>	Entrada	x				0,0018	Kg	Tecnosfera
<b>Óxido de azoto (NOx e NO<sub>2</sub>)</b>	Saída			x		0,011	Kg	Ar
<b>CO</b>	Saída			x		0,033	Kg	Ar
<b>COV</b>	Saída			x		0,0022	Kg	Ar
<b>Partículas</b>	Saída			x		0,0003	Kg	Ar
<b>CBO</b>	Saída					68,84	g	Água
<b>CQO</b>	Saída					150,60	g	Água
<b>pH</b>	Saída					7,2	-	Água
<b>Sólidos suspensos</b>						86,14	g	Água
<b>Resíduos de Alumínio</b>	Saída	x	x			5,29	g	Água

Quadro 4.1 Fluxo de entradas/saídas do processo de extrusão de 1000Kg de alumínio extrudido

FLUXO	DIREÇÃO	SUBPROCESSOS ENVOLVIDOS			QUANT.	UN.	AMBIENTE
		Banho de aspersão	Aplicação do pó	Secagem em estufa			
Água desmineralizada	Entrada	x			3600	Kg	Tecnosfera
Gás natural	Entrada			x	864	KWh	Tecnosfera
Eletricidade	Entrada	x	x	x	456	KWh	Tecnosfera
Titânio	Entrada				2,32	Kg	Tecnosfera
Tinta em pó	Entrada		x		47,3	Kg	Tecnosfera
H <sub>2</sub> S	Saída		x		0,051	Kg	Ar
COV's	Saída		x		0,101	Kg	Ar
CBO	Saída	x			567,74	g	Água
CQO	Saída	x			1242,05	g	Água
pH	Saída	x			7,2	-	Água
Sólidos suspensos	Saída	x			710,42	g	Água

Quadro 4.2 Fluxo de entradas/saídas do processo de lacagem de 1000Kg de alumínio extrudido

#### 4.1.3 Avaliação de impactes

Pretende-se nesta secção, determinar o perfil ambiental dos perfis de alumínio assumindo pressupostos de cálculo apresentados na secção anterior.

##### – Classificação

Uma vez que se optou pelo método *Eco-indicator 95* (Europe e), a classificação é expressa de acordo com as categorias de impacte ambiental que estão associadas ao método, nomeadamente, efeito de estufa, depleção da camada de ozono, acidificação, eutrofização, toxicidade (avaliado em metais pesados), emissão de carcinógenos, smog de inverno, smog de verão, emissão de pesticidas, recursos energéticos. Contudo apenas será do interesse deste estudo abordar as categorias referidas pela RCP, nomeadamente, efeito de estufa, depleção da camada de ozono, acidificação, eutrofização, e “smog” de verão.

##### – Caracterização

Na Figura 4.4 encontram-se as parcelas que cada etapa do processo contribui nas diferentes categorias de impacte.

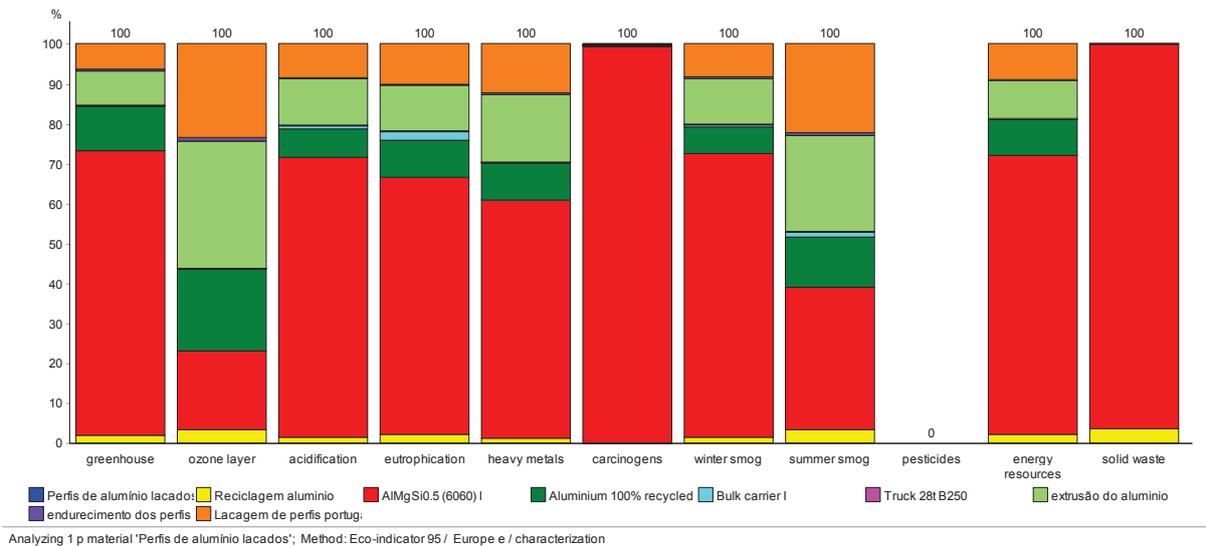


Figura 4.4 Caracterização dos perfis de alumínio lacados – u.d.

No Quadro 4.3 encontram-se compilados os valores relativos que cada etapa do processo contribui nas diferentes categorias de impacto.

CATEG.	UN.	TOTAL	RECICLAGEM DA SUCATA ALUMÍNIO (270KG)	AL. 1ª FUSÃO (6060) I (370KG)	AL. RECIC (620KG)	EXT.	ENDUR.	TRANS de BARCO	TRANS. de CAMIÃO	LACA.
<b>Efeito de Estufa</b>	Kg CO <sub>2</sub>	5,9E+03	1,1E+02	4,2E+03	6,5E+02	5,1E+02	1,4E+01	1,5E+01	1,4E+00	3,8E+02
<b>Cam. de Ozono</b>	Kg CFC11	9,7E-04	3,3E-05	1,9E-04	2,0E-04	3,1E-04	8,6E-06	3,2E-08	1,5E-06	2,3E-04
<b>Acidifi.</b>	Kg SO <sub>2</sub>	3,9E+01	5,9E-01	2,7E+01	2,8E+00	4,5E+00	1,3E-01	4,0E-01	1,9E-02	3,3E+00
<b>Eutrof.</b>	Kg PO <sub>4</sub>	1,5E+00	3,3E-02	9,9E-01	1,4E-01	1,7E-01	6,3E-03	3,5E-02	3,1E-03	1,6E-01
<b>Smog de Verão</b>	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,2E+00	4,0E-02	4,4E-01	1,5E-01	2,9E-01	9,8E-03	1,3E-02	3,5E-03	2,7E-01
<b>Recurso Energ.</b>	MJ LHV	9,5E+04	2,1E+03	6,6E+04	8,6E+03	8,8E+03	3,5E+02	2,3E+02	1,8E+01	8,5E+03

Quadro 4.3 Valores de Caracterização dos perfis de alumínio lacados – u.d.

– Normalização

Na Figura 4.5 e no Quadro 4.4 apresentam-se o perfil normalizado do impacto ambiental para os perfis de alumínio lacados.

CATEG.	TOTAL	RECICLAGEM DA SUCATA ALUMÍNIO (270KG)	AL. 1ª FUSÃO (6060) (370KG)	AL. RECIC (620KG)	EXT.	ENDUR.	TRANS de BARCO	TRANS. de CAMIÃO	LACA.
<b>Efeito de estufa</b>	4,5E-01	8,5E-03	3,2E-01	4,9E-02	3,9E-02	1,1E-03	1,1E-03	1,0E-04	2,9E-02
<b>Cam. de Ozono</b>	1,0E-03	3,6E-05	2,1E-04	2,1E-04	3,3E-04	9,3E-06	3,5E-08	1,7E-06	2,5E-04
<b>Acidifi.</b>	3,5E-01	5,2E-03	2,4E-01	2,5E-02	4,0E-02	1,2E-03	3,6E-03	1,7E-04	2,9E-02
<b>Eutrof.</b>	4,0E-02	8,6E-04	2,6E-02	3,7E-03	4,6E-03	1,7E-04	9,1E-04	8,2E-05	4,1E-03
<b>Smog de Verão</b>	6,8E-02	2,2E-03	2,4E-02	8,5E-03	1,6E-02	5,4E-04	7,2E-04	1,9E-04	1,5E-02
<b>Recurso Energ.</b>	6,0E-01	1,3E-02	4,2E-01	5,4E-02	5,6E-02	2,2E-03	1,4E-03	1,1E-04	5,4E-02

Quadro 4.4 Valores de Normalização dos perfis de alumínio lacados – u.d.

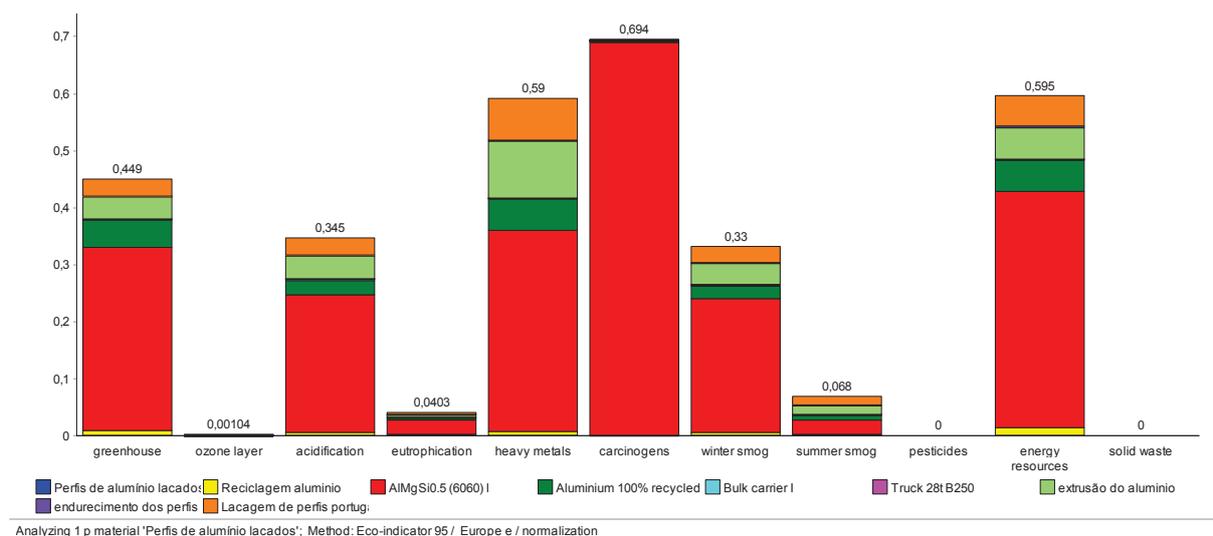


Figura 4.5 Normalização dos perfis de alumínio lacados – u.d.

Multiplicando os valores do perfil ambiental normalizado da Figura 4.5 pelos fatores de ponderação do método *Eco-indicator 95* (Europe e) indicados no Quadro 4.5 e agregando os resultados, obtêm-se os valores do indicador ambiental único na Figura 4.6.

CATEGORIA DE IMPACTE	FATORES DE PONDERAÇÃO
Efeito de estufa	2,5
Depleção da camada de Ozono	100
Acidificação	10
Eutrofização	5
Smog de Verão	2,5

Quadro 4.5 Fatores de ponderação (Pj), para as categorias de impacte seleccionadas

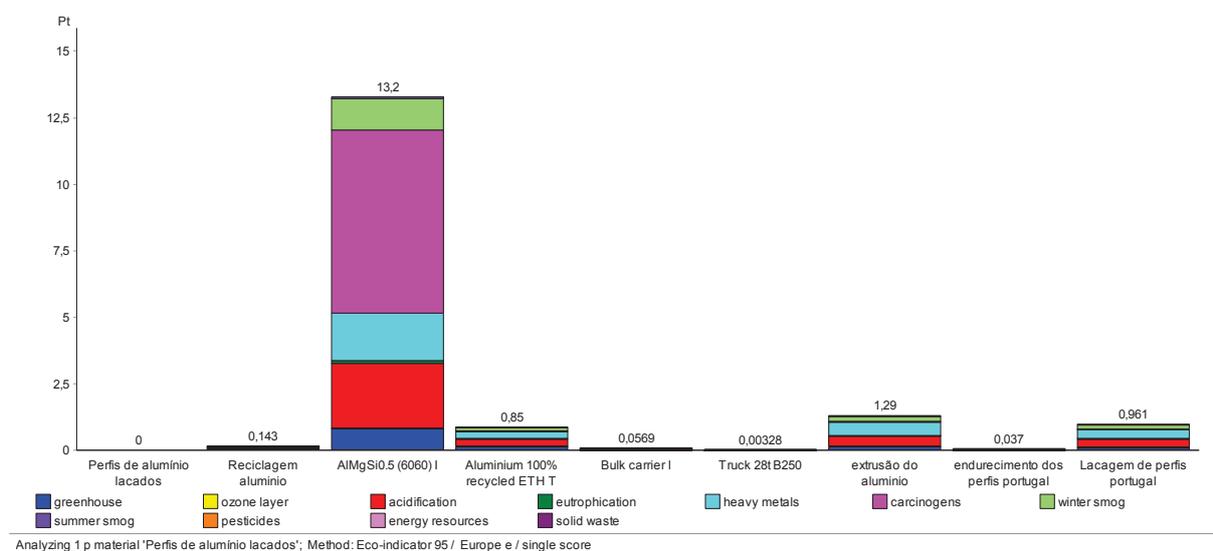


Figura 4.6 Valores do indicador ambiental único dos perfis de alumínio lacados desagregados para cada etapa de produção – u.d.

Dos resultados obtidos no estudo, evidencia-se que é na fase de produção do alumínio de primeira fusão onde ocorrem impactes ambientais mais significativos em todas as categorias de impacte ambiental. Por outro lado verifica-se que o valor do indicador ambiental único associado à utilização de alumínio reciclado é muito inferior quando comparado com o alumínio de 1ª fusão. É de salientar que o indicador ambiental associado ao alumínio de 1ª fusão corresponde apenas a de 370Kg, enquanto que a parcela correspondente ao alumínio reciclado corresponde a 620Kg.

Com base na ACV efetuada no presente estudo é estimada uma energia incorporada para o processo de extrusão e endurecimento dos perfis de 9,18MJ/Kg. De acordo com a informação compilada no capítulo 2, a energia incorporada nos perfis de alumínio varia entre 177 MJ/Kg e 225 MJ/Kg. Se somarmos ao valor de energia incorporada, dada pelo SimaPro 5.0 para o alumínio 6060 (197MJ/Kg) ao valor de extrusão obtido (9,18MJ/Kg) obtém-se 206,18 MJ/Kg.

### Extrusão do alumínio

Uma vez identificados os contributos que cada etapa representa no ciclo de vida do perfil de alumínio de acordo com as conduções apresentadas, pretende-se nesta secção estudar o processo de extrusão do alumínio de forma a poder identificar quais as entradas/saídas que apresentam impactes ambientais

mais significativos no processo. Os resultados referem-se também às etapas de corte dos perfis, e de esticamento. O endurecimento dos perfis não é considerado no gráfico da Figura 4.7.

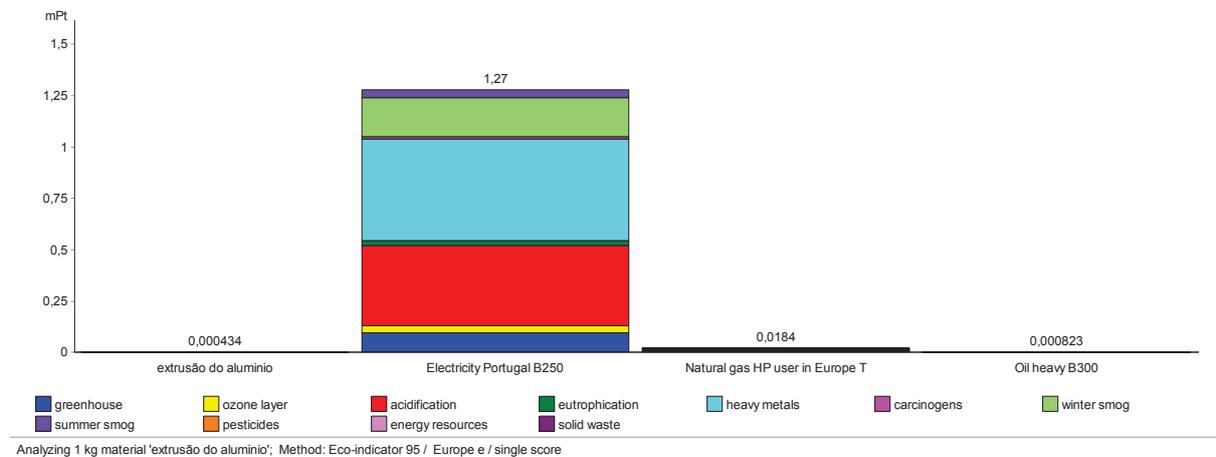


Figura 4.7 Valores do indicador ambiental único: Processo de extrusão – u.d.

No gráfico da Figura 4.7 salienta-se que a utilização de energia elétrica é a que apresenta maior contribuição para o impacto ambiental do processo de extrusão. Considerando a utilização de 637,8 KWh de eletricidade e 461,6 KWh de gás natural, então o valor do indicador ambiental único da eletricidade é 50 vezes superior face ao do gás natural para 1KWh.

A parcela de “extrusão de alumínio”, conforme indicado na Figura 4.7, diz respeito às descargas para a água que ocorrem do processo. Verifica-se assim que têm uma contribuição muito pouco significativa no impacto global do processo. Estes valores de descarga têm contribuição apenas na categoria de impacto ambiental de eutrofização.

### Endurecimento dos perfis

Dos resultados obtidos com base no estudo realizado e indicados na Figura 4.8, evidencia-se que o consumo de eletricidade contribui impactes ambientais muito significativos durante a fase endurecimento. A parcela identificada de “endurecimento dos perfis” corresponde às emissões para o ar que ocorrem nos fornos a gás, e contribuem em 2,7% do indicador ambiental único.

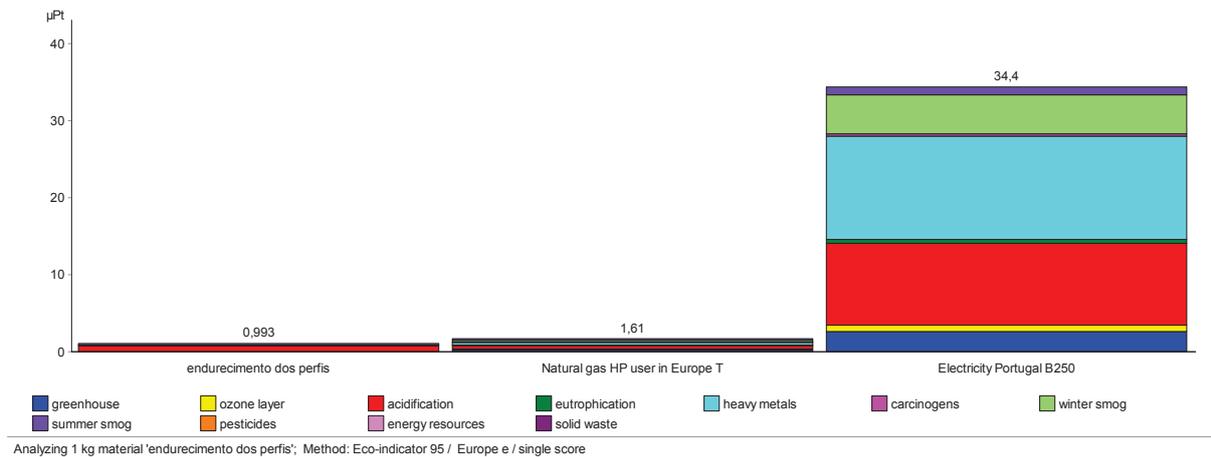


Figura 4.8 Valores do indicador ambiental único: Endurecimento dos perfis – u.d.

### Lacagem dos perfis

Com base na Figura 4.9 verifica-se mais uma vez que a eletricidade possui elevado contributo no indicador ambiental do processo (94,8%). A parcela identificada de “lacagem de perfis” corresponde às emissões para o ar que ocorrem durante a fase de aplicação da tinta, assim como as descargas para a água que derivam do banho de desengorduramento dos perfis.

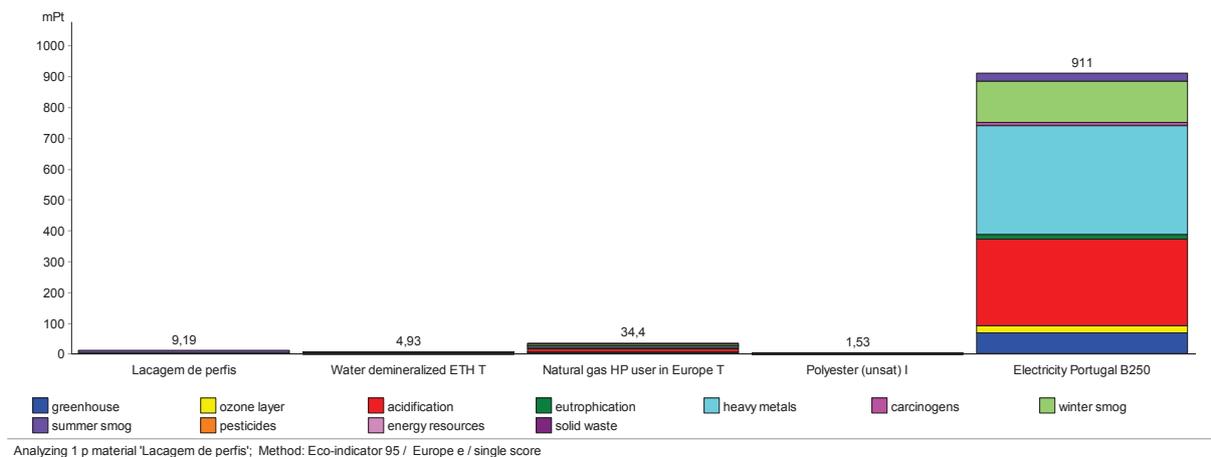


Figura 4.9 Valores do indicador ambiental único: Lacagem dos perfis – u.d.

Apesar da grande quantidade de informações existentes na base de dados, não foram encontrados dados representativos da tinta em pó utilizada na lacagem de perfis. Uma vez que a tinta utilizada no processo de lacagem ser constituída à base de poliéster optou-se, então, substitui-la pelo material referenciado no SimaPro por “*Polyester (unsat)*”.

Trata-se de um processo que exige consumos de água de alguma importância (3600 litros por unidade declarada), contudo isto traduz-se num impacte ambiental reduzido atendendo à sua localização geográfica.

## 4.2 Análise comparativa

Pretende-se nesta secção comparar os valores obtidos neste estudo e os dados reunidos da pesquisa bibliográfica de forma a poder estimar as incertezas que estão associadas a este tipo de estudos. Para efeitos de uma análise comparativa dos diferentes processos utiliza-se o perfil médio do sistema electroprodutor da Europa.

De acordo com a norma ISO 21930:2007 a comparação dos processos foi possível uma vez que se respeitou alguns princípios necessários a este tipo de comparações, nomeadamente, a utilização da mesma unidade funcional, fronteiras do sistema e categorias de impacte ambientais.

### 4.2.1 Comparação entre dados obtidos e o processo “*Aluminium extrusion*” (SimaPro 5.0)

Os valores fornecidos pelo processo “*Aluminium extrusion*” referenciado no SimaPro 5.0 foram baseados em dados médios europeus, que resultou de um estudo desenvolvido entre o ano de 1985 e 1989. Os dados obtidos para este processo apenas consideram a extrusão do alumínio, excluindo assim o tratamento de superfície. Da informação fornecida sobre a origem dos dados, conhece-se apenas a energia incorporada do processo de extrusão (8,8MJ/Kg de electricidade).

A comparação entre os dois estudos envolve a extrusão do alumínio, pelo que dos valores recolhidos junto da fábrica, apenas serão usados os referentes ao processo de extrusão e endurecimento dos perfis. Apresentam-se nas Figuras 4.10 e 4.11 a comparação entre os dois estudos. Refira-se que os valores vêm expressos de acordo com a unidade declarada (1000Kg).

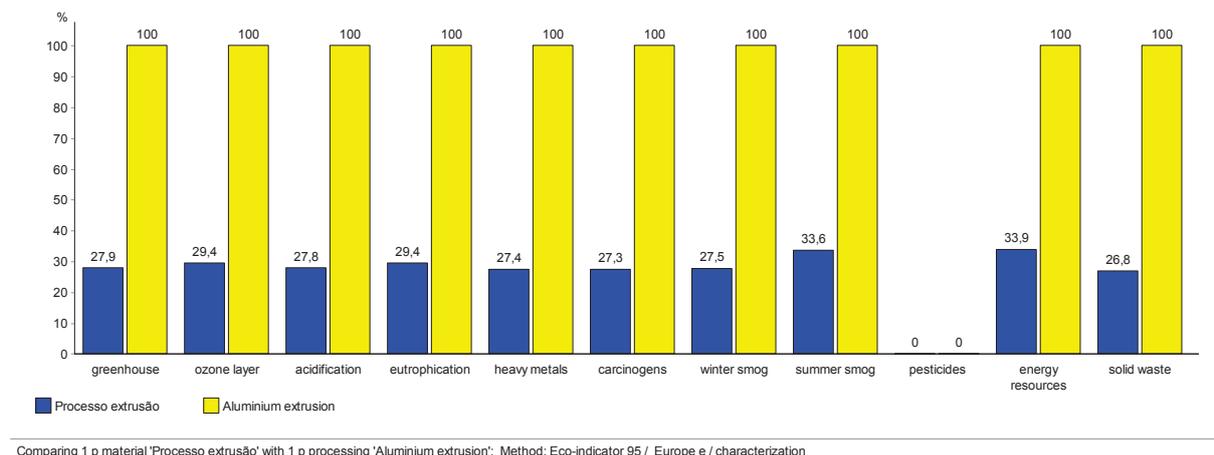


Figura 4.10 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “*Aluminium extrusion*” (SimaPro 5.0) – u.d.

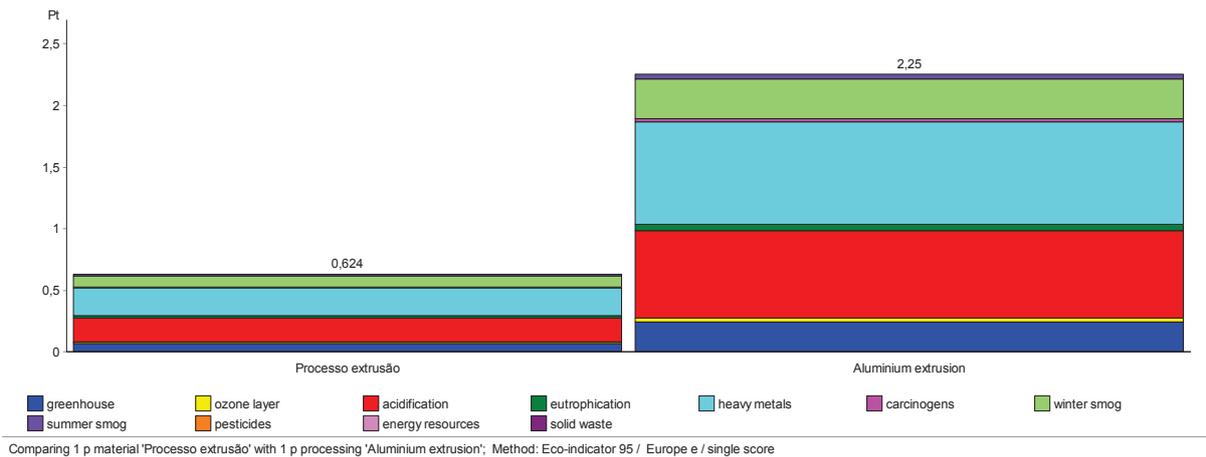


Figura 4.11 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o processo “Aluminium extrusion” (SimaPro 5.0) – u.d.

Dos resultados apresentados pelos gráficos da Figura 4.10 e 4.11 evidencia-se algumas discrepâncias entre os dois estudos. Verifica-se que todos os valores obtidos no processo “Aluminium extrusion” (SimaPro 5.0) declaram-se superiores quando comparados os valores obtidos na presente dissertação.

4.2.2 Comparação entre dados obtidos e o processo “Extruding alum I” (SimaPro 5.0)

Os valores fornecidos pelo processo “Extruding alum I” referenciado no SimaPro 5.0, também baseados em dados médios europeus, embora resultantes de um estudo mais recente (1990-1994).

Os dados obtidos para este estudo apenas consideram a extrusão do alumínio, excluindo assim o tratamento de superfície. De acordo com a informação descrita os valores são aplicáveis a perfis de alumínio tipicamente utilizados em componentes de automóvel e caixilharias de janelas.

Apresenta-se na Figura 4.12 a comparação entre o processo “Extruding alum I” com os valores obtidos da presente dissertação.

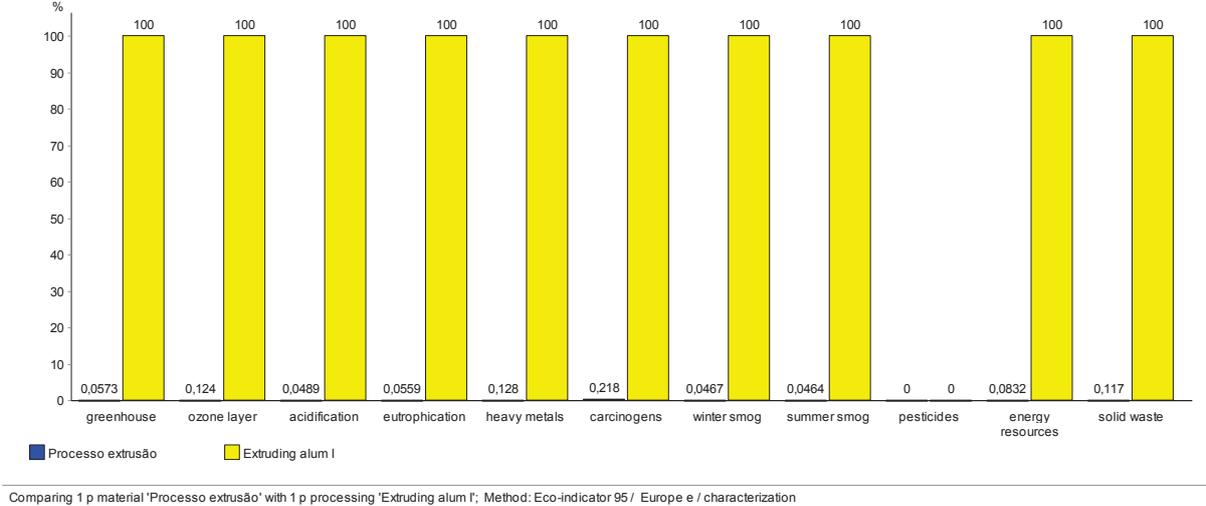


Figura 4.12 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “Extruding alum I” (SimaPro 5.0) – u.d.

Na Figura 4.12 verifica-se que os valores do processo “Aluminium extrusion” (SimaPro 5.0) não se adaptam à realidade. Pensa-se contudo que o erro terá origem na unidade selecionada pelo programador. Da pesquisa bibliográfica realizada, o valor que a base de dados fornece de energia incorporada está mais adaptado para 1000Kg de alumínio em vez de 1Kg que como é declarado.

Assumindo tratar se de um erro e ajustando os valores obtém-se novos valores de caracterização, indicados na Figura 4.13.

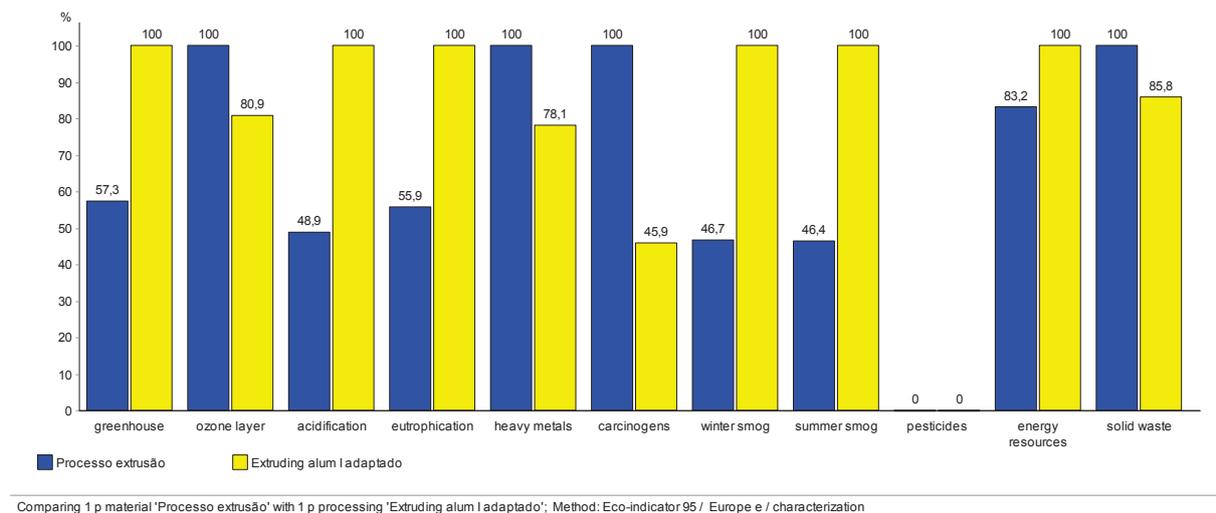


Figura 4.13 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e o processo “Extruding alum I” adaptado (SimaPro 5.0) – u.d.

Da análise do gráficos da Figura 4.13 e Figura 4.14 salienta-se que existe alguma proximidade nos valores obtidos, apenas com a exceção da categoria de impacte de metais pesados, contudo esta categoria não será relevante para o estudo uma vez que não está referenciada na RCP.

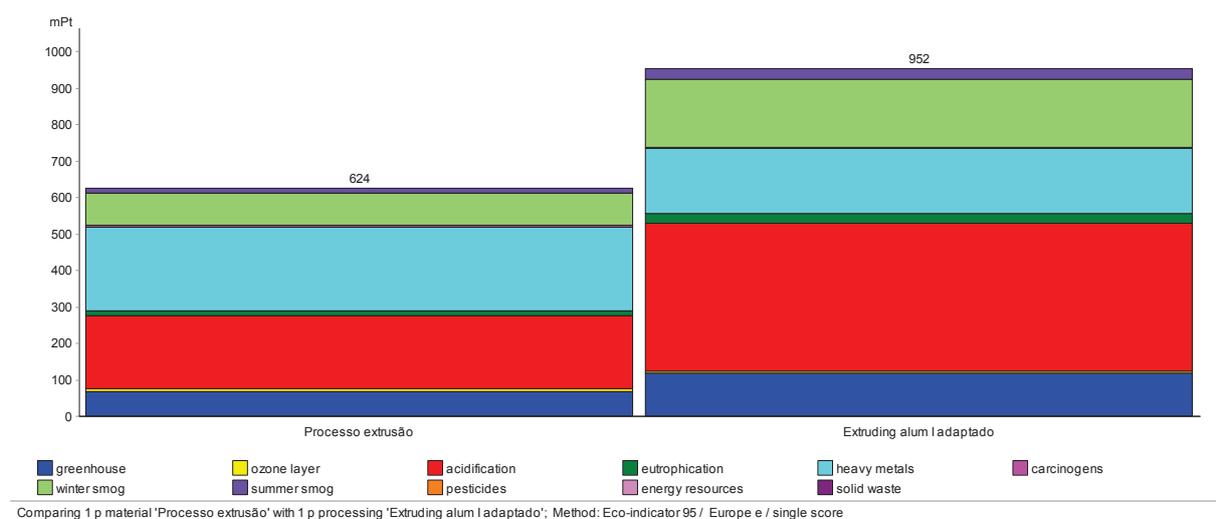


Figura 4.14 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o processo “Extruding alum I” adaptado (SimaPro 5.0)

#### 4.2.3 Comparação entre dados obtidos e o relatório criado pela EAA (2002)

Os valores declarados no estudo desenvolvido pela Associação Europeia do alumínio (2002) conforme apresentado no capítulo 2, foram inseridos no SimaPro 5.0 o que permitiu determinar o respetivo perfil ambiental. Os dados que estão assinalados como “Ligado à utilização de energia elétrica” foram excluídos uma vez que já estão contabilizados na parcela de eletricidade.

Dado que apenas são comparáveis estudos que apresentem o mesmo âmbito foi necessário excluir os dados relacionados com a embalagem dos perfis.

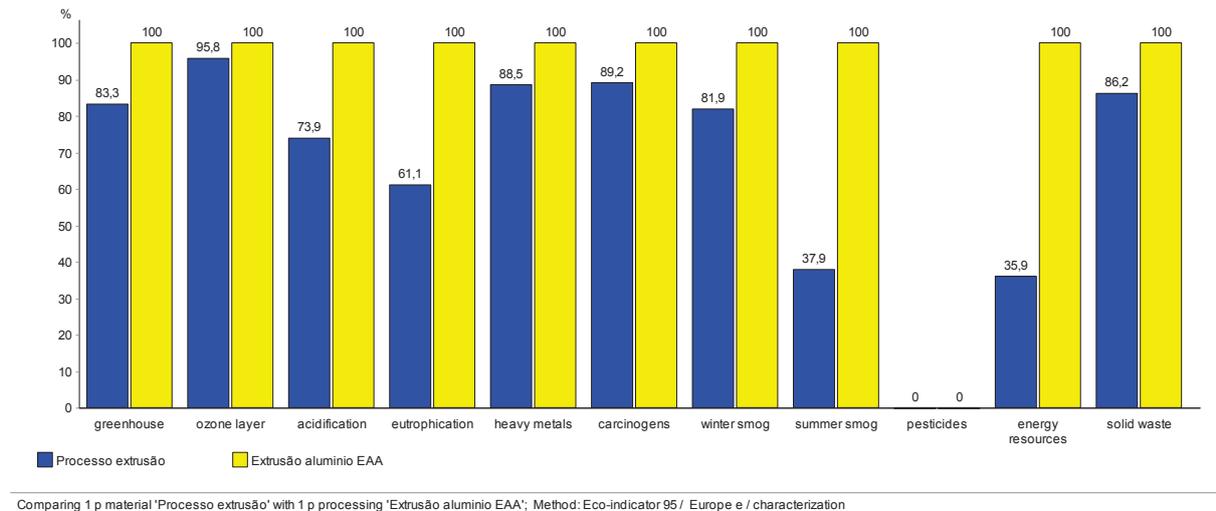


Figura 4.15 Caracterização – Comparação entre dados obtidos e estudo desenvolvido por EAA (2002)

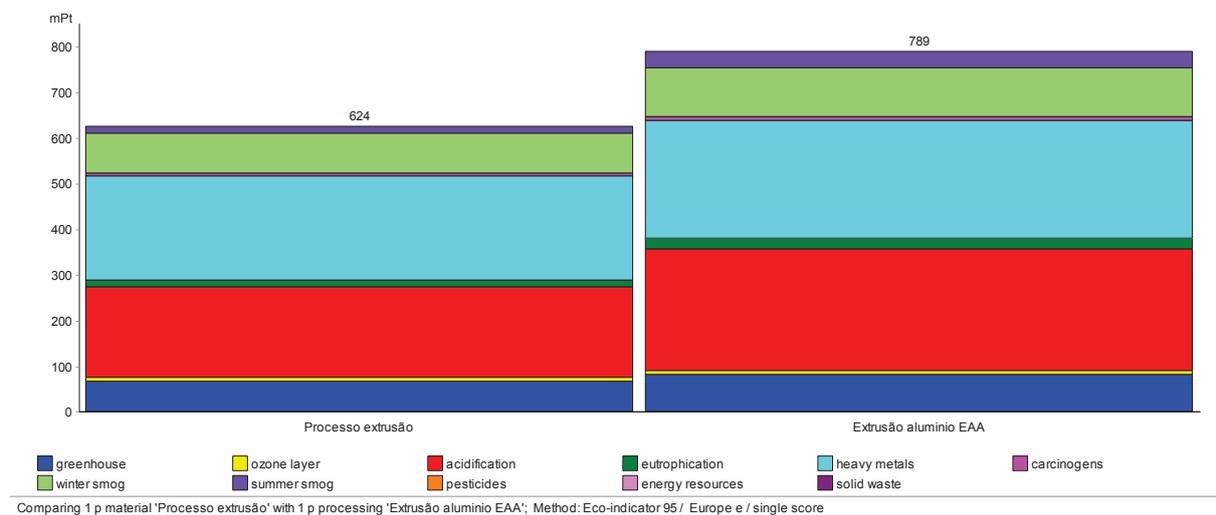


Figura 4.16 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre dados obtidos e o estudo desenvolvido por EAA (2002)

Da análise dos gráficos da Figura 4.15 e 16 salienta-se que existe alguma proximidade entre o estudo desenvolvido por EAA (2002) e os resultados apresentados no caso de estudo.

### 4.3 Estudo paramétrico

Pretende-se nesta secção identificar o perfil ambiental das diferentes etapas de produção dos perfis de alumínio, admitindo diversos cenários, a fim de identificar quais as mais críticas. Inclui-se na fonteira do sistema todas as fases de produção dos perfis de alumínio lacados desde o berço até à porta da fábrica. Para efeitos de uma análise comparativa exclui-se o processo de reciclagem da sucata de alumínio produzida no processo de extrusão. Os valores que se seguem estão associados ao sistema electroprodutor médio europeu.

#### 4.3.1 Análise do efeito da origem do alumínio

##### Cenário 1

Neste cenário assume-se que no processo de extrusão do alumínio apenas é dada entrada de alumínio de 1ª fusão. Desta forma considera-se a entrada de 1000 Kg da liga de alumínio 6060.

Analisando o gráfico da Figura 4.17 verifica-se que, quando é utilizado apenas alumínio de 1ª fusão, a parcela correspondente à matéria-prima é a que assume maior relevância no ciclo de vida dos perfis de alumínio lacados. Adicionando também a parcela do transporte necessária à importação do alumínio para Portugal, verifica-se que a o alumínio contribui em 97% do valor do indicador ambiental único

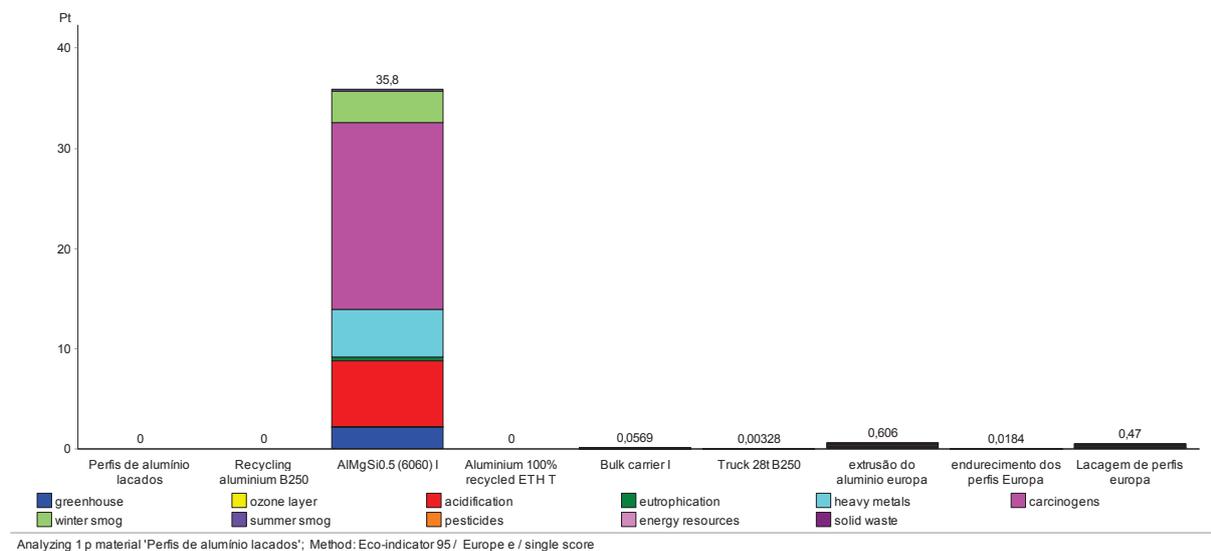


Figura 4.17 Valores do indicador ambiental único – Assumindo apenas alumínio de 1ª fusão

##### Cenário 2

Neste cenário assume-se que no processo de extrusão do alumínio apenas é dado entrada alumínio de origem reciclada. Deste modo considera-se a entrada de 1000Kg de alumínio reciclado.

No gráfico da Figura 4.18 constam-se os valores do indicador ambiental único quando utilizado apenas alumínio 100% reciclado. Assumindo este cenário, a matéria-prima assume uma contribuição de 56% do indicador ambiental único.

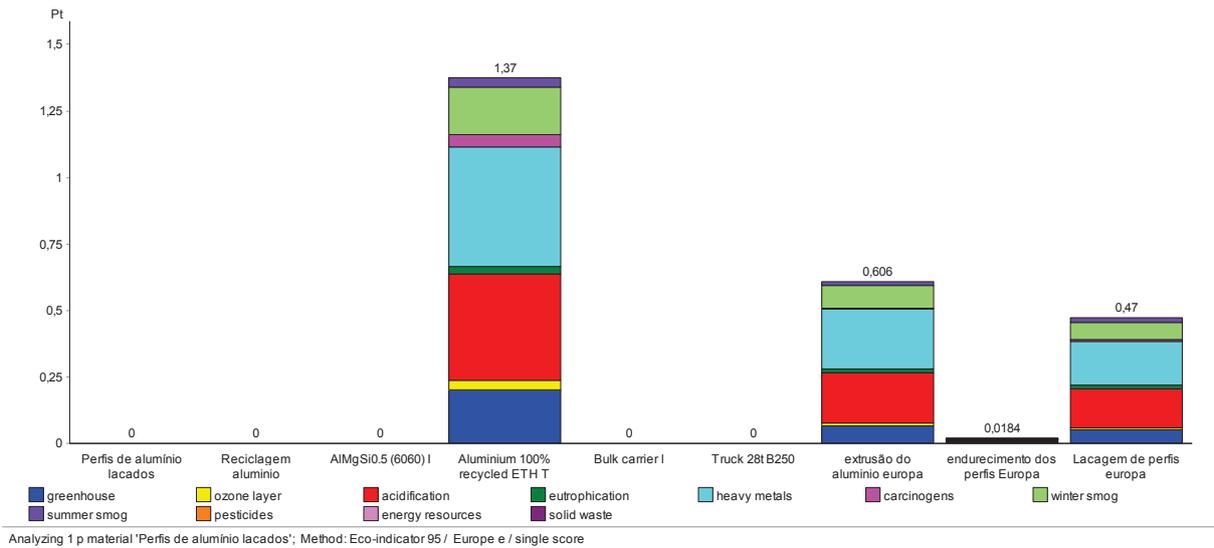


Figura 4.18 Valores do indicador ambiental único – Assumindo apenas alumínio reciclado

#### 4.3.2 Análise do efeito da estrutura de produção de energia elétrica

Dos dados recolhidos neste estudo pretende-se avaliar qual a contribuição que sistema electroprodutor tem durante a fase extrusão, endurecimento e lacagem dos perfis. Assumem-se como hipóteses os sistemas electroprodutores de Portugal, da média europeia e energia elétrica 100% renovável.

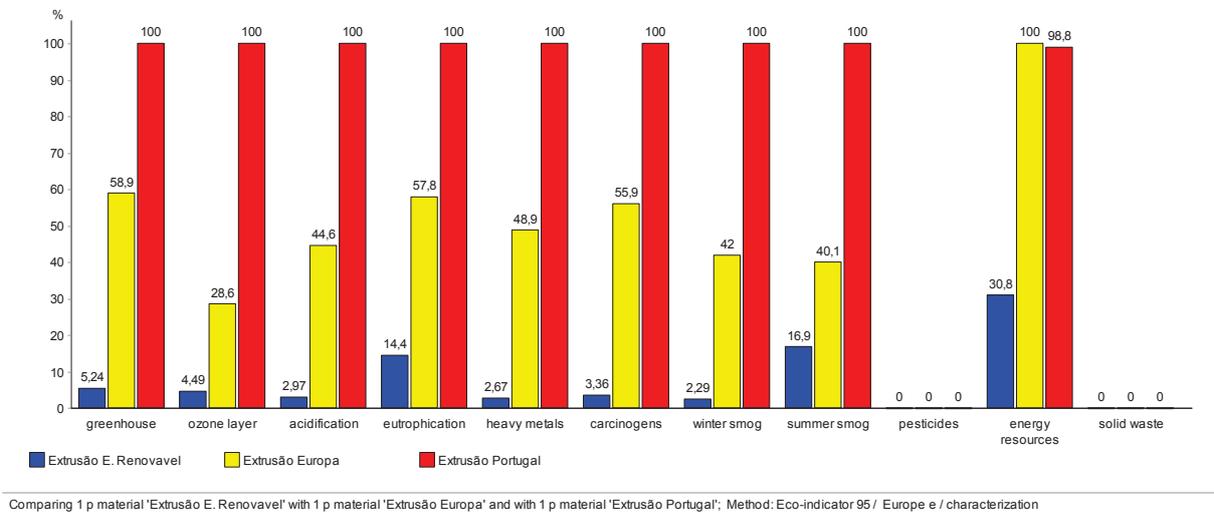


Figura 4.19 Caracterização – Comparação entre o sistema electroprodutor Português e da média europeia para o processo de extrusão e lacagem

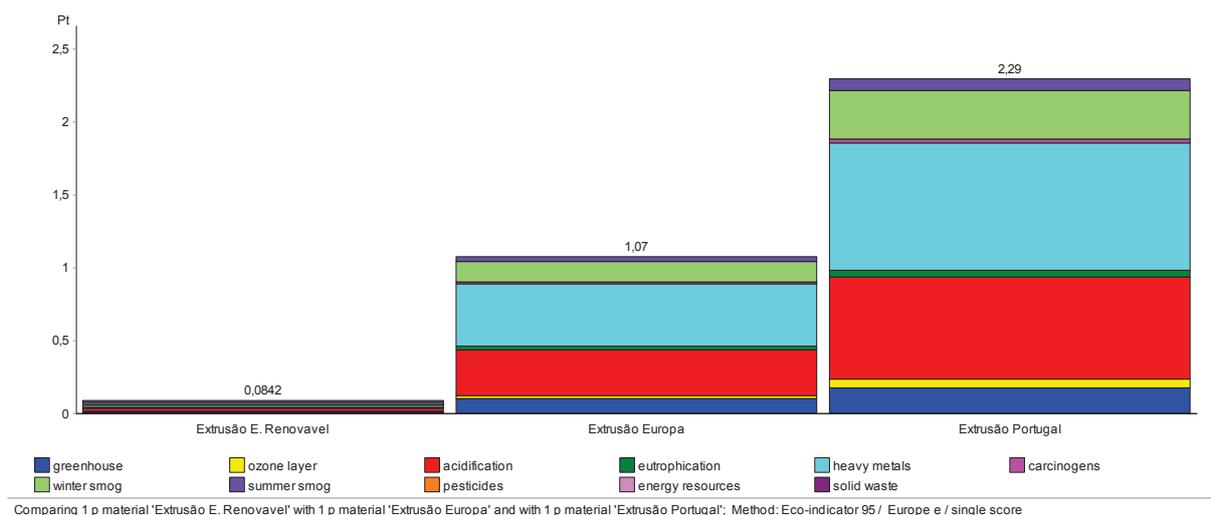


Figura 4.20 Valores do indicador ambiental único – Comparação entre o sistema electroprodutor Português (ano 2000) e da média europeia para o processo de extrusão/ lacagem

Com base na ACV efetuada é estimada uma energia primária incorporada para o processo de extrusão e endurecimento dos perfis de 9,18MJ/Kg, 9,29MJ/Kg e 1,99MJ/Kg para Portugal, média Europeia, e energia 100% reciclável respetivamente.

O Quadro 4.6 indica os valores de conversão que foram utilizados pelo SimaPro5.0 na obtenção de energia final em energia primária em função do tipo de recurso energético.

RECURSO ENERGETICO	PRIMÁRIA:FORNECIDA
Eletricidade Portugal ano 2000	3,05
Eletricidade Média Europa	3,05
Eletricidade 100% reciclável	0,0097

Quadro 4.6 Rácio entre energia primária e energia final

Caso a energia elétrica utilizada no processo de extrusão fosse obtida apenas com fontes de energia renovável registava-se uma redução cerca em cerca de 92% para a energia elétrica Europeia e em 96% para a energia elétrica nacional no indicador ambiental único.

Contudo é de referir que os dados considerados que representam o “mix” de eletricidade em Portugal referem-se ao ano 2000. Observando o Quadro 4.7 verifica-se que existe uma crescente evolução da utilização de energias renováveis na produção de eletricidade a nível nacional, o que implica que o impacte ambiental associado ao consumo de energia elétrica que melhor traduz a realidade atual apresenta valores significativamente mais reduzidos. Não foi possível consultar os dados referentes à produção de energia elétrica a partir de algumas fontes renováveis uma vez que a versão utilizada do SimaPro não prevê a sua utilização, nomeadamente energia eólica ou fotovoltaica.

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA								
ANO	Total	A partir de fontes renováveis						
		Total	Hídrica > 10MW	Hídrica < 10MW	Biomassa	Eólica	Geotérmica	Fotovoltaica
2000	43.764	13.518	11.040	675	1.554	168	80	1
2001	46.509	16.338	13.605	770	1.600	256	105	2
2002	46.107	10.449	7.551	706	1.732	362	96	2
2003	46.852	18.306	15.163	891	1.663	496	90	3
2004	45.105	12.847	9.570	577	1.797	816	84	3
2005	46.575	8.941	4.737	381	1.976	1.773	71	3
2006	49.041	16.483	10.633	834	2.001	2.925	85	5
2007	47.253	16.851	9.927	522	2.140	4.037	201	24
2008	45.969	15.419	6.780	516	2.133	5.757	192	41
2009	50.207	19.316	8.108	901	2.376	7.577	194	160
2010	54.093	29.566	15.458	1.088	3.427	9.182	197	214

Quadro 4.7 Evolução da utilização de fontes renováveis na produção eletricidade em Portugal (Fonte: Pordata)

## 5 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

### 5.1 Conclusões

Com base no estudo desenvolvido procurou-se, através da aplicação da metodologia de avaliação do ciclo de vida, avaliar a relevância das diferentes fases de produção de um perfil de alumínio que constitui um elemento integrante dos sistemas de caixilharia da envolvente exterior dos edifícios.

Efetuiu-se um levantamento de informação das diversas fases do ciclo de vida da produção dos perfis de alumínio lacados, adaptados à indústria portuguesa. No entanto houve secções onde não foi possível a recolha de dados para a realidade nacional, mantendo-se os valores de referência da base de dados do SimaPro 5.0. Contudo, os processos de extração e produção do alumínio de 1ª fusão, assim como dos combustíveis são globais, isto é, encontram-se implementados à escala mundial.

Quanto às limitações e dificuldades de aplicação, verificou-se que a ferramenta necessita do conhecimento prévio e de uma grande quantidade de dados necessários para a avaliação, sendo que quanto maior for o nível de detalhe do processo de fabrico do produto, maior a dificuldade em se obter dados e posteriormente a sua análise.

A implementação deste sistema de forma a obter dados adaptados à realidade depende da existência de valores de referência obtidos em vários estudos inseridos no mesmo âmbito. Desta forma os dados obtidos com o presente estudo associados ao processo de extrusão de perfis de alumínio sem tratamento térmico, foram comparados com valores declarados noutros estudos de forma a poder a média destes valores. Deste modo foi considerado que as etapas de corte dos perfis em dimensões comerciais, endurecimento e transporte interno são incluídas no processo de extrusão.

Em relação às fases do ciclo de vida da produção dos perfis de alumínio lacados que foram identificadas como aquelas que representam impactes ambientais mais significativos, constatou-se que ocorrem durante a produção do alumínio de 1ª fusão. Se se assumir que os perfis de alumínio são produzidos apenas com alumínio de 1ª fusão, a sua contribuição, que inclui o transporte desde o local de produção até à fábrica de extrusão, para o valor do indicador ambiental único corresponde a 97% do ciclo de vida do perfil lacado. Por outro lado este valor poderá ser reduzido para 56% se utilizado alumínio de origem reciclada. Contudo verificou-se, através do contacto com a empresa extrusora colaboradora neste estudo, atualmente apenas se utiliza alumínio reciclado em perfis que se destinam à lacagem, ao invés dos perfis anodizados do qual são fabricados somente com alumínio de 1ª fusão.

Foi estimada a energia incorporada para o processo de extrusão de alumínio semiacabado, o que não incluir o tratamento de superfície, em 9,18MJ/Kg. Se somarmos ao valor de energia incorporada, dada pelo SimaPro 5.0 para o alumínio 6060 (197MJ/Kg) ao valor de extrusão obtido (9,18MJ/Kg) obtém-se 206,18 MJ/Kg de perfil de alumínio semiacabado.

Quanto à etapa de endurecimento dos perfis, foi avaliado o impacto das emissões para o ar que resulta da combustão de dois fornos a gás natural donde se obteve 2,7% do indicador ambiental único do mesmo processo. Por outro lado verifica-se que o consumo de eletricidade, necessária ao funcionamento de dois fornos elétricos, conduz a um elevado impacto no processo (92,9% do indicador ambiental único do processo).

No Quadro 5.1 encontram-se indicados os contributos que recursos energéticos induzem no indicador ambiental único do processo de extrusão e de lacagem. Apesar de os dados selecionados no SimaPro 5.0 serem representativos do sistema electroprodutor de Portugal para o ano 2000, conclui-se que o principal contributo para o maior impacto ambiental do processo de extrusão e de lacagem do alumínio deve-se ao consumo de eletricidade.

RECURSO ENERGÉTICO	EXTRUSÃO (Pt)	ENDURECIMENTO (Pt)	LACAGEM (Pt)	TOTAL (Pt)	%
Eletricidade (Portugal)	1,27	0,0344	0,911	2,22	96,9
Gás Natural	0,0184	0,00161	0,344	0,0364	2,38
<b>Total</b>	<b>1,29</b>	<b>0,037</b>	<b>0,961</b>	<b>2,29</b>	<b>100</b>

Quadro 5.1 Contributo dos recursos energéticos no valor do indicador ambiental por processo – u.d.

## 5.2 Desenvolvimentos futuros

A realização deste trabalho teve como objetivo a avaliação do ciclo de vida dos perfis de alumínio utilizados em sistemas de caixilharia até à fase de produção.

Por se tratar a ACV de uma ferramenta complexa, que necessita elevado tempo de formação e que requer intensivamente dados para os cálculos de fluxos de entrada/saída, que deverão ser obtidos através do contacto direto com empresas da especialidade, prever-se em trabalhos futuros que a metodologia de ACV seja aplicada aos restantes componentes de uma janela, de forma a estimar-se o impacto ambiental global de uma janela de alumínio.

Foi necessário obter os dados de acordo a unidade tomada como referência nesta indústria, pelo que a unidade declarada adotada pelo estudo foi de 1000Kg de perfil de alumínio. Contudo para uma janela de um edifício será habitual utilizar-se Kg como medida de referência, pelo que nesse caso, os valores do estudo poderão ser divididos por 1000.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Asif, M., Davidson, A., & Muneer, T. (2002). Life Cycle of Window Materials - A Comparative Assessment. *School of Engineering, Napier University*.
- Associação brasileira do alumínio. (2000). Alumínio para futuras gerações.
- Azari-na, R., & Kimb, Y. (2011). Comparative assessment of life cycle impacts of curtain wall mullions.
- Azevedo, R. T. (2012). Análise do ciclo de vida do produto - Instrumento de gestão ambiental.
- Berge, B. (2000). *The ecology of building materials*. Oxford: Architectural Press.
- BRE Global. (2011). BREEAM new construction - no domestic buildings. *technical manual*.
- Buchanan, A. H., & Honey, B. G. (1994). Energy and carbon dioxide implications of building. pp. 20-205.
- Centro Habitat. (2012). Instruções gerais do sistema DAPHABITAT.
- Christie, T., Brathwaite, B., & Thompson, B. (s.d.). *Mineral Commodity Report 1 - Aluminium*. Institute of Geological and Nuclear Sciences Ltd.
- Citherlet, S., Guglielmo, F., & Gay, J. -B. (2000). Window and advanced glazing systems lifecycle assessment. *Energy and Buildings*, pp. 225-234.
- Couto, D. R. (2011). Declaração Ambiental de Produtos de Construção - Caso de estudo. *Dissertação de mestrado*.
- European Aluminium Association. (2002). *Production of extruded aluminium profiles: LCI dataset*. SPINE.
- European Aluminium Association. (2008). *Life Cycle Inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe*.
- Fernandes, M. I. (2004). *Impactes ambientais e comércio de emissões. Indústria cerâmica: um caso de estudo*. Coimbra: Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica.
- Fernandes, M. I. (2004). *Impactes ambientais e comércio de emissões. Indústria cerâmica: um caso de estudo*. Coimbra: Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica.

- Ferrão, P. (1998). *Introdução à Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos*. Portugal: IST Press.
- Ferreira, J. V. (2004). *Análise de ciclo de vida dos produtos*. Instituto Politécnico de Viseu.
- Hornbostel, C. (1991). *Construction Materials: Types, Uses and Applications* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Howard, N., Edwards, S., & Anderson, J. (1999). *BRE methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings*. UK: Centre for Sustainable Construction.
- International Aluminum Institute. (2007). *Life cycle assessment of aluminium: Inventory data for the primary aluminium industry*.
- ISO 14040:2007. (2007). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles*. 1st. Genève: ISO.
- ISO 21930:2007. (2007). *Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products*. Genève: ISO.
- Jonkers, N., & Dreijerink, L. (2011). *Sustainability aspects of aluminium*. Amsterdam: IVAM.
- Kibert, C. (1994). *Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction*. In *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction*. Tampa, FL: C.J. Kibert.
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil. (2011). *Marcação CE de portas e janelas no âmbito da norma EN 14351-1*.
- Librelotto, D., & Jalali, S. (2008). *Aplicação de uma Ferramenta de Análise do Ciclo de Vida em Edificações Residenciais - Estudos de Caso*. Universidade do Minho.
- Ochsendorf, J. (2010). *Life Cycle Assessment (LCA) of Buildings Concrete Sustainability Hub - Interim Report*. Massachusetts Institute of Technology.
- Oliveira, J. (2005). *Gestão Ambiental*. Lisboa: Lidel: Edições Técnicas, Lda.
- Pinheiro, M. D. (2006). *Ambiente e construção sustentável*. Amadora: Instituto do Ambiente.
- Pinheiro, M. D. (2009). *Liderar pelo ambiente na procura da sustentabilidade, Apresentação Sumária do Sistema de Avaliação da Sustentabilidade da Construção, (V2.00b)*. Lisboa.
- Pinto, A. (2005). *Sistemas de Gestão Ambiental: Guia para a sua implementação*. Portugal: Edições Sílabo.

- Pinto, T. S. (2008). Análise do ciclo de vida dos produtos de construção. *Tese de Doutoramento em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Lisboa.*
- Pordata. (2012). Base de dados Portugal contemporâneo: <http://www.pordata.pt/Portugal/Producao+de+energia+electrica+total+e+a+partir+de+fontes+renovaveis-1127>.
- Pré consultants. (2001). SimaPro 5.0. Product Ecology: <http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>.
- Regulamento N° 305/2011. (9 de Março de 2011). Parlamento Europeu e do conselho da união europeia.
- Richter, K., Brunner, K., & Künnige, T. (1996). *Ökologische Bewertung von Fensterkonstruktionen verschiedener Rahmenmaterialien(ohne Verglasung)*. SZFF.
- Roodman, D. M., & Lenssen, N. (1995). *A building revolution: how ecology and health concerns are transforming construction*, Worldwatch Institute. Washington, DC.
- Sachs, I. (1986). *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Editora Vértice.
- Simone Manfredi, S., & Pant, R. (2011). A practical guide to Life Cycle Thinking and Life Cycle Assessment. *IES*.
- Teixeira, J. P. (2009). Tecnologia Mecânica III. (*Slides Teóricos*). Monte da caparica: Núcleo de Tecnologia Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- The Norwegian EPD Foundation. (2007). *Product category rules- Windows and doors*. <http://www.epd-norge.no/>.
- Torgal, F. P. (Novembro de 2011). O novo regulamento de produtos da construção (RPC) : incentivando a utilização de produtos eco-eficientes.
- Torgal, F., & Jalali, S. (2010). *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*.
- USEPA. (2001). U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation. *LCAccess - LCA 101*.
- USGBC. (2005). LEED for new construction. *U.S.Green Building Council*.
- Weir, G., & Muneer, T. (1998). Energy and environmental impact analysis of double - glazed windows. *Energy Conversion and Management*, pp. 243-256.

Werner, F., & Richter, K. (2000). Economic Allocation in LCA: A case study about Aluminium window frames. *Swiss Federal Institute for Materials Testing and Research (EMPA)*.

## 7 ANEXOS



Trabalho de Mestrado no LNEC / FCT-UNL

## APLICAÇÃO DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA A UM PERFIL DE ALUMÍNIO

# QUESTIONÁRIO

---

### 1. Objetivo

Determinar o perfil ambiental dos perfis necessários ao fabrico de uma janela de alumínio desde a extração até à porta da fábrica.

Trata-se de um trabalho académico de aplicação da norma ISO 14025 e ISO 21930, que pretende obter informação tão precisa quanto possível, de forma a permitir estimar as incertezas associadas a análises do ciclo de vida quando se utilizam bases de dados gerais. Com este trabalho pretende-se identificar-se os principais impactes ambientais e dar contributos para a sua minimização, face aos dados típicos.

Neste trabalho toda a informação será tratada de forma anónima.

Pretende-se obter dados unitários representativos da média anual.

Na análise de inventário pretende-se obter informações acerca de:

- Descrição geral do processo de fabrico, com indicação das entradas e saídas em cada uma das fases (Fig. 1);
- Qualidade dos dados;
- Inventário das matérias-primas e consumos energéticos do processo de fabrico.

Neste trabalho pretende-se efetuar uma visita prévia à fábrica e estamos disponíveis para apoiar o fabricante no preenchimento deste formulário.

## Índice

1. Objetivo .....	A.1
2. Âmbito.....	A.3
3. Fluxograma do processo de produção de um perfil de alumínio lacado .....	A.3
4. Fornecimento dos bilhetes de Alumínio.....	A.4
5. Transporte de bilhetes entre o armazém e a prensa de extrusão.....	A.4
6. Extrusão.....	A.5
7. Esticamento .....	A.6
8. Corte dos perfis .....	A.7
9. Transporte dos perfis entre a unidade de corte e o forno de endurecimento .....	A.8
10. Endurecimento.....	A.8
11. Transporte entre forno de endurecimento e banho de aspersão.....	A.8
12. Tratamento de superfície .....	A.9
13. Transporte entre estufa de secagem e a unidade de embalagem dos perfis.....	A.12
14. Embalagem dos perfis .....	A.13
15. Transporte entre a unidade de embalagem e o armazém.....	A.13
16. Dados globais da produção.....	A.14

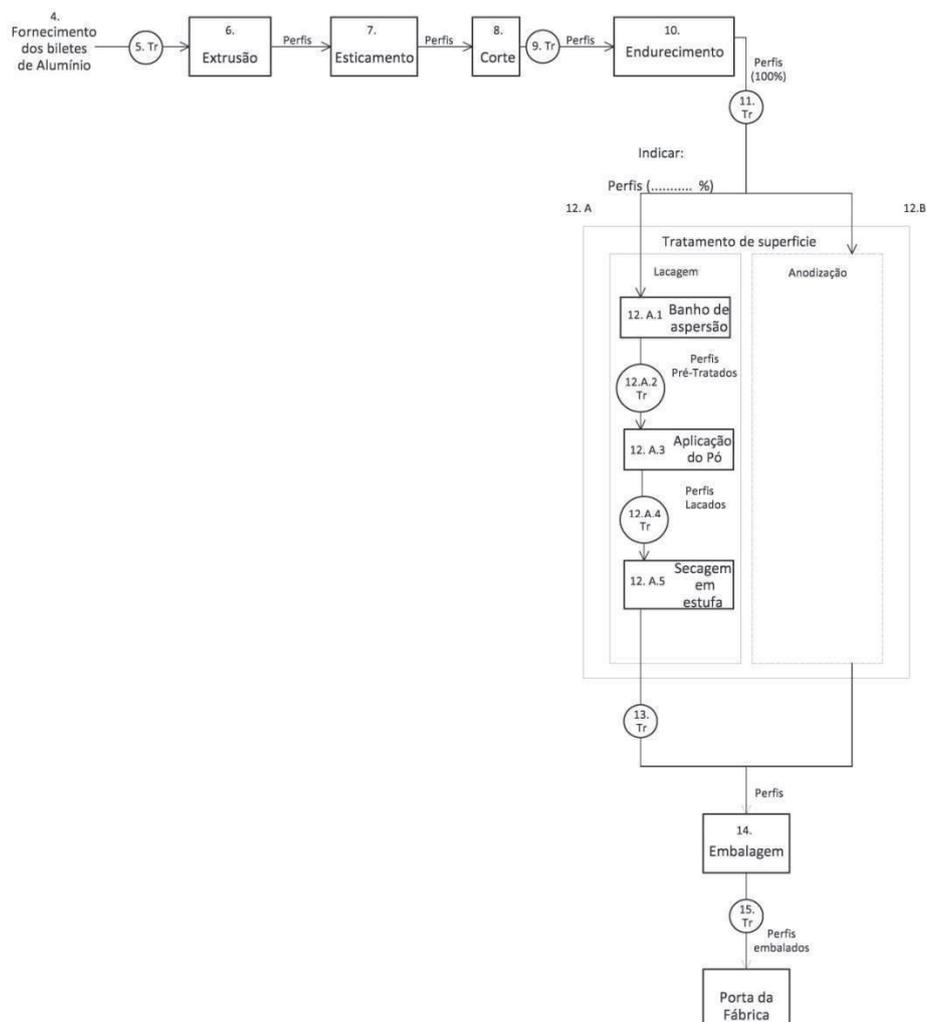
## 2. Âmbito

O âmbito deste questionário compreende a fase desde o fornecimento dos billetes de alumínio na fábrica até à embalagem dos perfis. O tratamento de superfície a ser incluído no processo de fabrico dos perfis será por lacagem.

## 3. Fluxograma do processo de produção de um perfil de alumínio lacado

Neste inquérito considerou-se o processo de fabrico indicado seguidamente. Este diagrama deverá ser ajustado ao processo de fabrico.

Figura 1 Fluxograma do processo de fabrico dos perfis de alumínio



### Período temporal a que se referem os dados facultados

Indique o mês e ano a que se referem os dados considerados neste questionário:

Início (mês e o ano): \_\_\_\_\_

Final (mês e ano): \_\_\_\_\_

## 4. Fornecimento dos billetes de Alumínio

### Origem

Quadro 1 Origem dos billetes de alumínio

	1ª Fusão		Origem Reciclada	
	Onde é produzido?	Adquiridos pela fábrica (% Aprox.)	Onde é reciclado?	Adquiridos pela fábrica (% Aprox.)
<b>Billetes de Alumínio</b>				

Nota:

A parcela correspondente à eletricidade inclui iluminação e o consumo dos equipamentos elétricos, associados ao processo.

## 5. Transporte de bilhetes entre o armazém e a prensa de extrusão

Pretende-se conhecer o modo de transporte e os consumos energéticos (combustíveis ou eletricidade) associados ao transporte dos perfis de alumínio entre o armazém e a prensa de extrusão.

Quadro 2 (2. Transporte)

	Tipo de transporte	Consumo (/Ton de perfil)	Unidades
<b>Eletricidade/ Combustível (especificar)</b>	Empilhadora		

## 6. Extrusão

Pretende-se conhecer as entradas e as saídas associadas à extrusão dos perfis de alumínio e relacionados com 1 tonelada de perfil extrudido.

Quadro 3 Entradas no processo de Extrusão

Entradas (/Ton de perfil extrudido)		Quantidade	Unidades
Recursos Energéticos	Gás natural		m <sup>3</sup>
	Eletricidade		KWh
Materiais	Biletos de alumínio		Ton
	Óleo lubrificante		Ton

Quadro 4 Saídas no processo de Extrusão

Saídas (/Ton de perfil extrudido)		Quantidade	Unidades	Observações
Materiais	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton	
	Desperdício de alumínio a enviar para reciclagem:			Indicar destino dado ao desperdício de alumínio:
	– Bolachas de início e fim do biletos			
	– Perfis defeituosos			
– Cortes de otimização				
	Limalhas			

## 7. Esticamento

Pretende-se conhecer as entradas e saídas associadas ao processo de esticamento dos perfis de alumínio e relacionados com 1 tonelada de perfil.

Quadro 5 Entradas no processo de Esticamento

Entradas (/Ton de perfil extrudido)		Quantidade	Unidades
Recursos Energéticos	Eletricidade		KWh
Materiais	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton

Quadro 6 Saídas no processo de Esticamento

Saídas (/Ton de perfil de alumínio)		Quantidade	Unidades
Materiais	Desperdício de alumínio a enviar para reciclagem		Ton

## 8. Corte dos perfis

Pretende-se conhecer as entradas e saídas associadas ao corte dos perfis de alumínio e relacionados com 1 tonelada de perfil.

Quadro 7 Entradas no processo de Corte dos perfis

Entradas (/Ton de perfil extrudido)		Quantidade	Unidades
<b>Recursos Energéticos</b>	Eletricidade		KWh
<b>Materiais</b>	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton
	Óleo lubrificante para corte		Ton
	Consumíveis: – Discos de corte – Calços de grafite – Matrizes em aço		Kg

Quadro 8 Saídas no processo de Corte dos perfis

Saídas (/Ton de perfil de alumínio)		Quantidade	Unidades
<b>Materiais</b>	Desperdício de alumínio a enviar para reciclagem		Ton

## 9. Transporte dos perfis entre a unidade de corte e o forno de endurecimento

Pretende-se conhecer quais os consumos de eletricidade associados ao transporte dos perfis de alumínio entre a unidade de corte dos perfis e o forno de endurecimento.

Quadro 9 (9. Transporte)

	<b>Tipo de transporte</b>	<b>Consumo (/Ton de perfil)</b>	<b>Unidades KWh</b>
<b>Eletricidade</b>	Ponte rolante		

## 10. Endurecimento

Pretende-se nesta fase estimar as entradas e saídas associadas ao forno de endurecimento dos perfis e relacionados com o tratamento de 1 tonelada de perfil.

Quadro 10 Entradas no processo de Endurecimento

<b>Entradas (/Ton de perfil extrudido)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>
<b>Recursos Energéticos</b>	Eletricidade		KWh
	Gás natural		m <sup>3</sup>
<b>Materiais</b>	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton

Quadro 11 Saídas no processo de Endurecimento

<b>Saídas (/Ton de perfil de alumínio)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>	<b>Obs.</b>
<b>Emissões gasosas</b>	-		kg	
	-			
	-			
	-			
	-			
	-			
	-			

## 11. Transporte entre forno de endurecimento e banho de aspersão

Pretende-se conhecer quais os consumos de eletricidade associados ao transporte dos perfis de alumínio entre o forno de endurecimento e o tanque para desgorduramento dos perfis.

Quadro 12 (11. Transporte)

	<b>Tipo de transporte</b>	<b>Consumo (/Ton de perfil extrudido)</b>	<b>Unidades KWh</b>
<b>Eletricidade</b>	Tapete + Ponte rolante		

## 12. Tratamento de superfície

Nesta fase apenas se pretende obter informação correspondente ao tratamento de superfície por lacagem.

### 12. A. Lacagem

#### 12.A.1 Banho de aspersão

Considera-se nesta fase os banhos de desgorduramento e acetinagem para remoção de gorduras, resíduos e da camada de óxido natural. Seguido pela aplicação de uma camada uniforme de crómio para favorecer uma melhor aderência da pintura.

Quadro 13 Entradas no processo de Banho de aspersão

<b>Entradas (/Ton de perfil extrudido)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>
<b>Recursos Energéticos</b>	Eletricidade		KWh
<b>Materiais</b>	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton
	Solventes de desgorduramento		
	Água desmineralizada		m <sup>3</sup>
	Crómio		

Quadro 14 Saídas no processo de Banho de aspersão

Descargas para a rede de águas residuais	Unidades	Valores medidos de descarga
Total de água	l	
Carência Bioquímica de oxigénio (BOD)	mg/l	
Carência química de oxigénio (COD)	mg/l	
Total de carbono orgânico	mg/l	
pH	-	
Sólidos em suspensão (Limalhas)	kg	
Outros		

### **12.A.2 Transporte entre banho de aspersão e estufa de aplicação do pó**

Pretende-se conhecer quais os consumos de eletricidade associados ao transporte dos perfis de alumínio entre o tanque de desengorduramento dos perfis e a estufa de aplicação do pó

Quadro 15 (12.A.2 Transporte)

	Tipo de transporte	Consumo (/Ton de perfil extrudido)	Unidades KWh
Eletricidade			

### **12.A.3 Aplicação do pó**

Entradas no processo de Aplicação do pó

<b>Entradas (/Ton de perfil extrudido)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>
<b>Recursos Energéticos</b>	Eletricidade		KWh
<b>Materiais</b>	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton
	Tinta em pó		

Saídas no processo de Aplicação do pó

<b>Saídas (/Ton de perfil de alumínio)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>
<b>Materiais</b>	Emissões de VOCs		Kg

### **12.A.4 Transporte entre estufa de aplicação do pó e estufa de secagem dos perfis**

Pretende-se conhecer quais os consumos energéticos (combustíveis ou eletricidade) associados ao transporte dos perfis de alumínio entre a estufa de aplicação do pó e a estufa de secagem (polimerização):

Quadro 16 (9.A.4 Transporte)

	<b>Tipo de transporte</b>	<b>Consumo (/Ton de perfil extrudido)</b>	<b>Unidades (Ton ou KWh)</b>
<b>Eletricidade/ Combustível (especificar)</b>			

### **12.A.5 Secagem em estufa**

Pretende-se conhecer as entradas e saídas associadas à estufa de polimerização e relacionado com 1 tonelada de perfil.

Quadro 17 Entradas no processo de Secagem em estufa

<b>Entradas (/Ton de perfil extrudido)</b>		<b>Quantidade</b>	<b>Unidades</b>
<b>Recursos Energéticos</b>	Eletricidade		KWh
	Gás natural		
<b>Materiais</b>	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton

### **13. Transporte entre estufa de secagem e a unidade de embalagem dos perfis**

Pretende-se conhecer quais os consumos de eletricidade associados ao transporte dos perfis de alumínio entre a estufa de secagem dos perfis (polimerização) e a unidade de embalagem.

Quadro 18 (13. Transporte)

	<b>Tipo de transporte</b>	<b>Consumo (/Ton de perfil extrudido)</b>	<b>Unidades (KWh)</b>
<b>Eletricidade</b>			

## 14. Embalagem dos perfis

Quadro 19 Entradas no processo de Embalagem dos perfis

Entradas (/Ton de perfil extrudido)		Quantidade	Unidades
Recursos Energéticos	Eletricidade		KWh
Materiais	Perfil de alumínio Extrudido	1	Ton
	Cantoneira		Ton
	Plástico (Polietileno)		Ton
	Cintas (PVC)		Ton
	Paletes de madeira		Ton

## 15. Transporte entre a unidade de embalagem e o armazém

Pretende-se conhecer quais os consumos de eletricidade associados ao transporte dos perfis de alumínio entre a unidade de embalagem dos perfis e o armazém da fábrica

Quadro 20 (15. Transporte)

	Tipo de transporte	Consumo (/Ton de perfil extrudido)	Unidades (KWh)
Eletricidade	Ponte rolante		

## 16.Dados globais da produção

Para permitir avaliar a relevância da informação compilada anteriormente, pretende-se obter uma estimativa das quantidades anuais dos principais produtos, recursos energéticos e materiais referentes à produção da unidade fabril.

Quadro 21 Entradas na Produção

Entradas na Produção (/ Ano)		Quantidade	Unidades
Recursos Energéticos	Eletricidade		KWh
	Gás natural		m <sup>3</sup>
	Gasóleo		Ton
Materiais/ Produtos	Biletes de alumínio		Ton
	Tinta em pó		Ton
	Solventes para lavagens		Ton
	Água		m <sup>3</sup>

Quadro 22 Saídas na Produção

Saídas na Produção (/ Ano)		Quantidade	Unidades
Materiais/ Produtos	Perfis extrudidos de alumínio lacados		Ton
	Perfis extrudidos de alumínio anodizados		Ton
	Desperdício de alumínio a enviar para reciclagem		Ton