



# **Avaliação do ciclo de vida de produtos de protecção para sistemas de isolamento térmico de fachadas**

**Pedro Emanuel Frazão Pedroso**

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia Civil**

## **Orientadores**

Professor Doutor José Dinis Silvestre

Professora Doutora Inês dos Santos Flores Barbosa Colen

## **Júri**

Presidente: Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Orientador: Professor Doutor José Dinis Silvestre

Vogal: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

**[Dezembro 2020]**



## **Declaração**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

---

(Pedro Emanuel Frazão Pedroso)



*“Yet it is not our part to master all the tides of the world, but to do what is in us for the succour of those years wherein we are set, uprooting the evil in the fields that we know, so that those who live after may have clean earth to till.”*

*- Gandalf the White*

*The Lord of the Rings  
The Return of the King  
J. R. R. Tolkien*



## Agradecimentos

Esta dissertação representa o culminar de muitos altos e baixos na minha vida. E o culminar de mais anos de Técnico que o saudável. No entanto é, sem a menor dúvida, mais um objectivo atingido, e por isso, antes de mais, um agradecimento a todos os que, de uma forma ou de outra tiveram algum tipo de influência nesta caminhada que se tornou numa maratona.

O primeiro agradecimento é, necessariamente, aos meus orientadores, sem qualquer ordem específica. Aos Professores Inês Flores-Colen e José Dinis Silvestre, o meu muito obrigado. Ambos absolutamente incansáveis nestes mais de 12 meses que este trabalho ocupou. Com todas as particularidades que estes estranhos tempos de confinamento pelo Covid-19 nos trouxeram enquanto sociedade, nunca, em ponto algum, estive só ou desapoiado, ou perdi o foco no objectivo final que sempre foi terminar o mestrado. Pela enorme paciência que tiveram para comigo, pelas revisões, por toda a disponibilidade e atenção que sempre despenderam e tempo que investiram em mim e neste trabalho até, literalmente, ao último minuto, o meu muito obrigado.

Esta dissertação foi desenvolvida no contexto de um projecto em desenvolvimento no IST, mais especificamente o projecto “WGB\_Shield”, com colaboração do LNEC. Por isso, deixo o meu agradecimento à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia) pelo financiamento deste projecto. Pela partilha de conhecimento no âmbito deste projecto, ajuda no desenvolvimento de alguns temas e pelos dados partilhados, deixo também o meu agradecimento ao doutor Giovanni Borsoi.

Pela partilha de dados fulcrais ao desenvolvimento desta dissertação, expresso também o meu agradecimento às empresas: CIN, personificada pela Engenheira Filomena Braga, e à Weber, na pessoa do Engenheiro Luís Silva.

Um agradecimento especial aos meus colegas do Técnico que se tornaram em alguns dos meus melhores amigos, sem ordem específica, João Pedro Firmo, Daniel Ribeiro, Fernando Simões, Bruno Matos e Pedro Martins. Por todo o apoio incondicional, principalmente nos momentos difíceis.

Ao meu tio, Paulo Pedroso e primos Miguel e Gonçalo Pedroso. Para além de família, amigos que estão sempre presentes. Temos um passeio comemorativo para fazer!

À Mónica Lapa, para além de aturares o Marco e, só isso, ser motivo suficiente para o agradecimento, um obrigado por também teres estado presente nesta prova de *endurance*.

Ao meu irmão, Marco Pedroso. Mais que irmão, um amigo e grande fonte de inspiração para seguir em frente, mesmo quanto confrontados com adversidades maiores do que aquelas para que estávamos preparados. Como diz o ditado, “não tavas capaz, não vinhas!”. Venha o *Talisker 15*!

Por último, mas sempre os mais importantes, aos meus pais, Maria da Luz Pedroso e Carlos Manuel Pedroso. Pelo apoio incondicional em todos os altos e baixos, principalmente nos momentos mais difíceis. Pelo exemplo que sempre deram, pela educação que sempre tive, e por todas as oportunidades que me foram dadas. Sem vocês não estaria aqui. Em nenhuma dimensão imaginável. Foi um caminho longo, árduo, imprevisível e cheio de armadilhas, mas chegámos ao fim.

*“Pick up the heaviest weight you can, and carry it!”  
- J. B. Peterson*





## Resumo

O desempenho energético e conforto térmico das habitações é, cada vez mais, um factor decisivo para os utilizadores. Portanto, soluções tipo ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*), que podem ser utilizadas em construção nova ou reabilitação, e que apresentam boas características de desempenho energético, proporcionando conforto térmico, são cada vez mais utilizadas.

Este trabalho tem por objectivo quantificar impactes ambientais e económicos de várias soluções de protecção de ETICS, tendo em vista o auxílio à escolha de soluções a adoptar, em fase de projecto.

É apresentado um levantamento exaustivo de soluções de ETICS (com foco nos acabamentos), e de várias soluções de protecção: hidrófugos, biocidas, anti-*graffiti* e produtos multifuncionais. Com o levantamento dos dados dos produtos existentes em mercado, é efectuado um estudo dos seus componentes e dos respectivos impactes ambientais.

Foi também estudado o desempenho económico de soluções de protecção. Com base nos cronogramas de manutenção durante a vida útil dos ETICS, são calculados os impactes ambientais e económicos das várias soluções de protecção consideradas.

Por fim, apresenta-se uma análise multicritério que pretende, de forma simplificada e estruturada, fazer uma comparação ponderada das componentes ambiental e económica, de cada solução, apresentando a melhor opção conforme o peso que é dado à componente ambiental *versus* económica.

Os objectivos do trabalho, de cálculo de impactes ambientais e económicos, foram atingidos. Foram calculados os impactes das soluções de protecção, e foi possível identificar os componentes que mais contribuem. Contudo existiram dificuldades quanto à quantidade e qualidade de informação disponível para análise.

### Palavras-chave:

ETICS; Protecção; Avaliação do Ciclo de Vida (ACV); Custo do Ciclo de Vida (CCV); Sustentabilidade.

## **Abstract**

The energetic performance and thermal comfort of buildings is a decisive factor for the users. Thus, solutions like the External Thermal Insulation Systems (ETICS), that can be applied to either new buildings or buildings under renovation, and have very good performance characteristics, reducing the energy consumption while improving thermal comfort, tend to become mainstream.

This dissertation purposes to quantify the environmental and economic impacts of various ETICS's protection solutions, to assist in its choice at the project phase.

This work starts gathering all the available protection solutions in the Portuguese market, focusing on collecting technical data sheets (TDS), safety data sheets (SDS) and European technical assessments (ETA), when available for the ETICS solutions. The protection products that this study considers are hydrophobic products, biocides, multifunctional, and self-cleaning products. A study of their components is presented.

The next phase consists on studying the economic performance of case-studies. The data is modeled to provide results for the economic and environmental impacts of those protection products within the service life of ETICS.

The last phase consists of a multicriteria analysis, with the objective of demonstrating: the influence of the weights given to the environmental and economic indicators; how establishing priorities in the project phase, economic, environmental or both, will have an impact on the ideal solution.

The objectives of this dissertation were achieved, and the environmental impacts of several products are presented, with comparisons between them. However several data-linked problems were identified, such as the quantity and quality of data available for analysis.

### **Keywords:**

ETICS; Life-Cycle Assessment (LCA); Life-Cycle Cost (LCC); Protection; Sustainability.

# Índice

AGRADECIMENTOS .....	III
RESUMO .....	V
ABSTRACT .....	VI
ÍNDICE .....	VII
ÍNDICE DE TABELAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
SIGLAS .....	XIII
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	1
1.2 OBJECTIVOS E ÂMBITO .....	1
1.3 METODOLOGIA .....	1
1.4 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	3
<b>CAPÍTULO 2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....</b>	<b>5</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	5
2.2 ACV AMBIENTAL.....	5
2.2.1 Aspectos Normativos .....	6
2.2.2 Metodologia de ACV.....	6
2.3 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO – DAP.....	8
2.4 ANÁLISE DE CUSTOS DO CICLO DE VIDA – CCV.....	9
2.4.1 – Aspectos Normativos.....	9
2.4.2 Metodologia CCV.....	10
2.4.3 Análise financeira.....	11
2.5 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	11
<b>CAPÍTULO 3 PRODUTOS DE PROTECÇÃO DE ETICS.....</b>	<b>13</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	13
3.2 CARACTERIZAÇÃO DE ETICS .....	13
3.3 CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS DE PROTECÇÃO.....	15
3.3.1 Hidrófugos .....	15
3.3.2 Biocidas .....	18
3.3.3 Anti-graffiti .....	20
3.3.4 Autolimpeza .....	21
3.3.5 Multifuncionais.....	23
3.4 MERCADO E ANÁLISE.....	25
3.4.1 Acabamentos de ETICS .....	26
3.4.2 Hidrófugos .....	26
3.4.3 Biocidas .....	26
3.4.4 Anti-Graffiti .....	27
3.4.5 Autolimpeza .....	27
3.4.6 Multifuncionais.....	27
3.5 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	28
<b>CAPÍTULO 4 ACV AMBIENTAL DE PRODUTOS DE PROTECÇÃO .....</b>	<b>29</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	29
4.1.1 Nível de Qualidade da Informação - NQI.....	29

4.1.2 Nomenclatura dos produtos.....	30
4.2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	31
4.2.1 Metodologia.....	31
4.2.2 Atribuição de processos disponíveis no SimaPro.....	31
4.2.3 Informação de impacte ambiental.....	31
4.2.4 Levantamento e tratamento dos impactes dos produtos.....	32
4.3 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	33
4.3.1 Hidrófugos.....	33
4.3.2 Biocidas.....	41
4.3.3 Anti-Graffiti.....	44
4.3.4 Multifuncionais.....	46
4.3.5 Acabamentos.....	48
4.3.6 Solução Biocida+Hidrófugo.....	51
4.4 COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES.....	52
<b>CAPÍTULO 5 ANÁLISE ECONÓMICA E AMBIENTAL – CASOS DE ESTUDO.....</b>	<b>59</b>
5.1 INTRODUÇÃO.....	59
5.2 METODOLOGIA.....	59
5.2.1 Recolha de dados.....	59
5.2.2 Ciclo de vida de ETICS.....	60
5.2.3 Sistemas de protecção considerados.....	60
5.2.4 Metodologia de cálculo de impactes ambientais e económicos.....	63
5.3 ANÁLISE ECONÓMICA E AMBIENTAL.....	64
5.3.1 Sistema S01 – AE.....	64
5.3.2 Sistema S02 – AE+BC+HF.....	65
5.3.3 Sistema S03 – AE+MF.....	66
5.3.4 Sistema S04 – AE+AG.....	66
5.3.5 Análise crítica.....	67
5.4 ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	68
5.4.1 Metodologia.....	68
5.4.2 Normalização dos valores de impacte.....	69
5.4.3 Análise de resultados.....	71
5.5 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO.....	72
<b>CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....</b>	<b>73</b>
6.1 CONCLUSÕES GERAIS.....	73
6.2 ACV AMBIENTAL.....	74
6.3 ACV AMBIENTAL E ECONÓMICO.....	75
6.4 PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO.....	76
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>A. LISTAGEM DE PRODUTOS COMERCIAIS - ETICS.....</b>	<b>B</b>
<b>B. PRODUTOS DE PROTECÇÃO COMERCIAIS.....</b>	<b>C</b>
<b>C. TRATAMENTO DE DADOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>F</b>
<b>D. RECOLHA E TRATAMENTO DE DADOS DOS FABRICANTES.....</b>	<b>G</b>
D.1. Recolha de dados.....	G
D.2. Tratamento de dados.....	H
<b>E. EXEMPLO DE CÁLCULO DE IMPACTES AMBIENTAIS DE UM PRODUTO.....</b>	<b>J</b>

## Índice de tabelas

TABELA 4.1 - CRITÉRIOS PARA DETERMINAR NÍVEL DE QUALIDADE DA INFORMAÇÃO .....	29
TABELA 4.2 - IMPACTES AMBIENTAIS DE HIDRÓFUGOS DE BASE AQUOSA.....	34
TABELA 4.3 - IMPACTES AMBIENTAIS DE HIDRÓFUGOS 100% PRINCÍPIO ACTIVO .....	34
TABELA 4.4 - IMPACTES AMBIENTAIS DE HIDRÓFUGOS DE BASE SOLVENTE .....	35
TABELA 4.5 - CONSTITUINTES MAIS RELEVANTES PARA ANÁLISE DE CADA HIDRÓFUGO DE BASE AQUOSA .....	37
TABELA 4.6 - COMPONENTES MAIS RELEVANTES PARA ANÁLISE DE CADA HIDRÓFUGO DE BASE SOLVENTE .....	38
TABELA 4.7 - RELAÇÃO ENTRE IMPACTES MÉDIOS DE PRODUTOS DE BASE AQUOSA E DE BASE SOLVENTE.....	38
TABELA 4.8 - IMPACTES DOS CONSTITUINTES DE HIDRÓFUGOS DE BASE AQUOSA .....	39
TABELA 4.9 - IMPACTES DOS CONSTITUINTES DE HIDRÓFUGOS DE BASE SOLVENTE .....	39
TABELA 4.10 - IMPACTES AMBIENTAIS DE CASA CONSTITUINTE CONSIDERADO NOS HIDRÓFUGOS, NA UNIDADE DECLARADA .....	40
TABELA 4.11 - INFORMAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL DE PRODUTOS BIOCIDAS .....	41
TABELA 4.12 - COMPONENTES MAIS RELEVANTES PARA ANÁLISE DE CADA BIOCIDA.....	42
TABELA 4.13 - IMPACTES AMBIENTAIS MÉDIOS DE CADA CONSTITUINTE DE BIOCIDA .....	43
TABELA 4.14 - IMPACTES DOS CONSTITUINTES DE BIOCIDAS.....	43
TABELA 4.15 - IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS DE PROTECÇÃO ANTI-GRAFFITI .....	44
TABELA 4.16 - COMPONENTES MAIS RELEVANTES PARA ANÁLISE DE CADA ANTI-GRAFFITI.....	45
TABELA 4.17 - IMPACTES AMBIENTAIS DOS DIFERENTES TIPOS DE ANTI- <i>GRAFFITI</i> .....	45
TABELA 4.18 - IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS MULTIFUNCIONAIS .....	46
TABELA 4.19 - CONSTITUINTES MAIS RELEVANTES DE PRODUTOS MULTIFUNCIONAIS .....	47
TABELA 4.20 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES TIPOS DE MULTIFUNCIONAIS.....	47
TABELA 4.21 - IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS E SOLUÇÕES DE ACABAMENTOS DE ETICS .....	48
TABELA 4.22 - COMPONENTES MAIS RELEVANTES PARA ANÁLISE DE CADA ACABAMENTO DE ETICS E TINTAS.....	50
TABELA 4.23 - SOLUÇÕES BIFUNCIONAIS: CONJUGAÇÃO DE BIOCIDA COM HIDRÓFUGO .....	51
TABELA 4.24 - IMPACTES AMBIENTAIS MÉDIOS DAS SOLUÇÕES BIFUNCIONAIS .....	52
TABELA 4.25 - IMPACTES AMBIENTAIS DE SOLUÇÕES MULTIFUNCIONAIS .....	52
TABELA 4.26 – ACABAMENTOS DE ETICS/TINTAS REFORÇADOS COM UMA SOLUÇÃO BIFUNCIONAL COM HIDRÓFUGO AQUOSO, NA PRIMEIRA APLICAÇÃO, PARA A UNIDADE FUNCIONAL .....	53
TABELA 4.27 - ACABAMENTOS DE ETICS/TINTAS REFORÇADOS COM UMA SOLUÇÃO BIFUNCIONAL COM HIDRÓFUGO SOLVENTE, NA PRIMEIRA APLICAÇÃO, PARA A UNIDADE FUNCIONAL .....	54
TABELA 4.28 - EXEMPLO DE CÁLCULO DE IMPACTE AMBIENTAL DE UM BIOCIDA.....	55
TABELA 4.29 - EXEMPLO DA CÁLCULO DE UMA SOLUÇÃO DE ACABAMENTO DE ETICS COM BIFUNCIONAL .....	55
TABELA 4.30 - ACABAMENTOS DE ETICS/TINTAS REFORÇADOS COM PRODUTOS MULTIFUNCIONAIS DE PELÍCULA E SUPERHIDRÓFUGOS.....	56
TABELA 4.31 - ACABAMENTOS DE ETICS/TINTAS REFORÇADOS COM PRODUTO MULTIFUNCIONAL FOTOCATALISADOR .....	57
TABELA 4.32 - ACABAMENTOS DE ETICS/TINTAS REFORÇADOS COM PRODUTOS <i>ANTI-GRAFFITI</i> .....	58
TABELA 5.1 - PRODUTOS A CONSIDERAR PARA A ANÁLISE ECONÓMICA E AMBIENTAL (IMPACTES ESTIMADOS DA PRODUÇÃO) .....	59
TABELA 5.2 - CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA S01_1, SITUAÇÃO INTERMÉDIA – PERCENTAGEM DE INTERVENÇÃO POR PRODUTO.....	61
TABELA 5.3 - CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA S01_2, SITUAÇÕES LIMITE – PERCENTAGEM DE INTERVENÇÃO POR PRODUTO .....	61
TABELA 5.4 – CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA S02 – PERCENTAGEM DE INTERVENÇÃO POR PRODUTO.....	62
TABELA 5.5 – PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA S03 – PERCENTAGEM DE INTERVENÇÃO POR PRODUTO E ANO .....	62
TABELA 5.6 – PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA S04 – PERCENTAGEM DE INTERVENÇÃO POR PRODUTO E ANO .....	63

TABELA 5.7 - DADOS PARA O CÁLCULO DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DO SISTEMA S01 .....	64
TABELA 5.8 – ANÁLISE DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DA SOLUÇÃO S01_1 PARA A SITUAÇÃO INTERMÉDIA .....	64
TABELA 5.9 - ANÁLISE DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DA SOLUÇÃO S01_2 PARA AS SITUAÇÕES LIMITE .....	65
TABELA 5.10 - DADOS PARA O CÁLCULO DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICOS DO SISTEMA S02 .....	65
TABELA 5.11 - ANÁLISE DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DA SOLUÇÃO S02 .....	65
TABELA 5.12 - DADOS PARA O CÁLCULO DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DO SISTEMA S03 .....	66
TABELA 5.13 - ANÁLISE DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DA SOLUÇÃO S03 .....	66
TABELA 5.14 - DADOS PARA O CÁLCULO DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DO SISTEMA S04 .....	67
TABELA 5.15 - ANÁLISE DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DA SOLUÇÃO S04 .....	67
TABELA 5.16 - QUADRO RESUMO DOS IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO DE TODAS AS SOLUÇÕES.....	67
TABELA 5.17 - VALORES DE IMPACTE A NORMALIZAR .....	69
TABELA 5.18 - VALORES DOS IMPACTES NORMALIZADOS .....	69
TABELA 5.19 - INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PESOS ENTRE IMPACTES AMBIENTAIS E ECONÓMICO .....	70

## Índice de figuras

FIGURA 2.1 - DISCRIMINAÇÃO DAS DIFERENTES ETAPAS DO CICLO DE VIDA DE UM EDIFÍCIO .....	7
FIGURA 2.2 - FRONTEIRAS DOS SISTEMAS.....	7
FIGURA 2.3 - PROCEDIMENTOS GLOBAIS DO MÉTODO <i>NATIVELCA</i> .....	8
FIGURA 2.4 - DEFINIÇÃO GRÁFICA DOS CONCEITOS DE CUSTO DE CICLO DE VIDA.....	10
FIGURA 3.1 - ESQUEMA DAS VÁRIAS CAMADAS CONSTITUINTES DE UM ETICS .....	14
FIGURA 3.2 - MECANISMO DE ACÇÃO DE HIDRÓFUGOS. A) FORMADORES DE PELÍCULA; B) TAPA-POROS; C) IMPREGNAÇÃO HIDROFÓBICA.....	16
FIGURA 3.3 - CATEGORIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES QUANTO À CAPACIDADE DE ATRAIR OU REPELIR ÁGUA. A) SUPERFÍCIES HIDROFÍLICAS; B) SUPERFÍCIES HIDRÓFUGAS.....	17
FIGURA 3.4 - INFLUÊNCIA DA HIDROFILICIDADE E HIDROFOBICIDADE DA SUPERFÍCIE INTERNA DE POROS NA ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	17
FIGURA 3.5 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA DIFERENÇA ENTRE O ESCORREGAMENTO E O ROLAMENTO DE UMA GOTA DE ÁGUA NA LIMPEZA DE UMA SUPERFÍCIE .....	22
FIGURA 3.6 - MECANISMO DE DEGRADAÇÃO DE COMPOSTOS PELO DIÓXIDO DE TITÂNIO .....	25
FIGURA 4.1 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE HIDRÓFUGOS ADP(FF) E GWP100A. 33	
FIGURA 4.2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS VALORES DE GWP100A E ADP(FF) DE HIDRÓFUGOS DE BASE AQUOSA E COM 100% DE PRINCÍPIO ACTIVO.....	35
FIGURA 4.3 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE HIDRÓFUGOS DE BASE SOLVENTE .....	36
FIGURA 4.4 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE BIOCIDAS.....	41
FIGURA 4.5 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS DE PROTECÇÃO ANTI- <i>GRAFFITI</i> .....	44
FIGURA 4.6 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS MULTIFUNCIONAIS .....	46
FIGURA 4.7 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS IMPACTES AMBIENTAIS DE PRODUTOS E SOLUÇÕES DE ACABAMENTOS DE ETICS.....	49
FIGURA 5.1 - DESEMPENHO DE ETICS AO LONGO DO TEMPO.....	60
FIGURA 5.2 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE VALORES DOS IMPACTES NORMALIZADOS DE VÁRIAS SOLUÇÕES..	70
FIGURA 5.3 - ANÁLISE MULTICRITÉRIO DAS SOLUÇÕES EM ESTUDO, PARA AS DIVERSAS COMBINAÇÕES DE PESOS CONSIDERADAS .....	71





## Siglas

**ACA** – Ângulo de Contacto Aparente;

**ACV** – Avaliação do Ciclo de Vida;

**ADP(ff)** – *Abiotic Depletion Potential (fossil fuels)*, Potencial de Depleção Abiótica (combustíveis fósseis);

**AICV** – Avaliação dos Impactes no Ciclo de Vida;

**ATE** – Avaliação Técnica Europeia;

**CAS** – *Chemical Abstracts Service*;

**CCV** – Custo de Ciclo de Vida;

**CEN** – *Comité Européen de Normalization*;

**COV** – Composto Orgânico Volátil;

**CTV** – Custo Total de Vida;

**DAP** – Declaração Ambiental de Produto;

**DCOIT** – 4,5-dichloro-2-octyl-2H-isothiazol-3-one;

**ECHA** – *European Chemical Agency*;

**EOTA** – *European Organization for Technical Assessment*;

**EPS** – Poliestireno Expandido Moldado;

**ETICS** – *External Thermal Insulation Composite System*, Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior com Revestimento;

**FDS** – Ficha de Dados de Segurança;

**FT** – Ficha Técnica;

**GWP100a** – *Global Warming Potential – 100 years horizon*, Potencial de Aquecimento Global – horizonte de 100 anos;

**ICV** – Inventário do Ciclo de Vida;

**IPBC** – 3-iodo-2-propynyl butylcarbamate;

**ISO** – *International Organization for Standardization*;

**ITECons** – Instituto de Investigação de Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade;

**LNEC** – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;

**NQI** – Nível de Qualidade de Informação;

**RCCTE** – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios;

**ROI** – Período de Retorno de Investimento;

**SETAC** – *Society for Environmental Toxicology and Chemistry*;

**UV** – Ultra-Violeta;

**VACCV** – Valor Actualizado de Custo do Ciclo de Vida;

**VAL** – Valor Actualizado Líquido;

**WTP** – *Willingness to Pay*, Disponibilidade para Pagar;

**XPS** – Poliestireno Expandido Extrudido.



# Capítulo 1 Introdução

## 1.1 Justificação da dissertação

O sector da construção é responsável por, aproximadamente, um terço do total das emissões de gases de estufa a nível mundial [1,2]. Por isso, as cada vez maiores preocupações ambientais, levam a uma enorme pressão neste sector, para que se encontrem soluções com melhor desempenho ambiental. Estas soluções passam pelo desenvolvimento de novos produtos ou a alteração na produção de materiais convencionais. Desta forma é possível melhorar o desempenho ambiental destes, e assim diminuir, no todo, o impacte ambiental deste sector. Recorrendo às metodologias de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e Custo do Ciclo de Vida (CCV), é possível comparar diferentes soluções construtivas do ponto de vista ambiental e económico.

A protecção dos revestimentos exteriores dos edifícios em ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*, ou Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior, em português) é da maior importância, não só pela degradação estética que pode ocorrer, mas também pela perda de capacidade de isolamento (seja térmico, acústico, à humidade, entre outros, que acabará por acontecer. Portanto, a utilização de diferentes soluções que permitam a protecção devida dos revestimentos exteriores, tem uma directa correlação com a vida útil dos mesmos. Assim, a correcta utilização de soluções de protecção exterior é da maior importância, pois garante um aumento da vida útil dos revestimentos. No entanto, estes produtos têm impactes ambientais e económicos não negligenciáveis, pelo que o seu estudo é da maior importância. Em termos de efeitos sobre o ambiente, podem incluir a potencial lixiviação de químicos nocivos ou as emissões de gases com afeito de estufa que são libertados desde a produção das matérias primas, passando pelo fabrico, pela fase de utilização, até ao fim do ciclo de vida.

## 1.2 Objectivos e âmbito

Os objectivos deste trabalho correspondem ao estudo dos potenciais impactes ambientais e económicos de várias soluções de protecção de ETICS (hidrófugos, biocidas, multifuncionais e anti-graffiti), desde a extracção de matérias primas à produção e utilização, recorrendo a metodologias de avaliação de ciclo de vida (ACV) e de custo de ciclo de vida (CCV) para as abordagens ambientais e económicas, respectivamente. Pretende-se com o recurso a estas metodologias comparar diferentes soluções, tanto individuais como integradas. Os dados obtidos poderão ser utilizados no desenvolvimento de sistemas otimizados de protecção de ETICS. O resultado final deste trabalho será uma análise comparativa entre diferentes soluções de acabamento e protecção de ETICS, considerando a vida útil de um sistema de ETICS. Serão consideradas diferentes soluções técnicas, portanto uma abordagem que permita uma comparação directa, do ponto de vista ambiental e económico, é essencial.

## 1.3 Metodologia

A metodologia desta dissertação consiste, numa primeira fase, no desenvolvimento de um estado da arte dos métodos, materiais e soluções disponíveis de momento no mercado ou identificados na literatura científica. Este estado da arte, encapsula descrições sucintas das metodologias de ACV ambiental e CCV bem como dos produtos de protecção de ETICS. São também identificados os documentos normativos aplicáveis.

Nos produtos de protecção, considera-se importante a definição das variantes e de diferentes formulações que existem dentro de cada tipo de produto. Portanto, é apresentada uma investigação exhaustiva que tem em conta as formulações existentes, e entre estas, as mais comuns, as suas formas de acção, entre outras características consideradas importantes, tendo em vista uma boa e completa definição dos produtos em causa. Nesta fase, e

tendo em conta que este trabalho tem por objectivo estudar produtos reais, são apresentados todos os produtos que foram identificados no mercado português com a informação disponível.

De seguida, após a identificação dos produtos, segue-se uma fase de recolha de informação. Como é necessário neste trabalho realizar o estudo de impactes ambientais, é imperioso conseguir identificar os constituintes dos produtos em estudo. A metodologia adoptada neste trabalho para a identificação dos constituintes dos produtos utiliza os dados das fichas técnicas e de dados de segurança (FT e FDS respectivamente), onde são sintetizados os constituintes dos produtos com elevado risco ambiental (do ponto de vista da toxicidade para humanos, animais e ambiente). A partir destas fichas é recolhida toda a informação relevante disponível, desde rendimentos dos produtos, densidades, constituintes, percentagem destes em cada produto, diluições, entre outras.

Como existe uma grande diversidade de fabricantes e produtos, os dados apresentados não são consistentes entre todos os produtos, portanto a fase seguinte é o tratamento de dados, cujo objectivo é uniformizar unidades de rendimento (considerando número de demãos, diluições, densidades e rendimentos apresentados). Ainda no tratamento de dados, existe a necessidade de definir as proporções dos constituintes dos produtos, e complementar a informação dos constituintes presente em FDS com alguma existente nas FT.

Posteriormente, são recolhidos os dados ambientais. Após serem definidos os produtos que serão estudados do ponto de vista ambiental, tendo constituintes e proporções definidas, procede-se à fase de atribuição de processos no *software* de ACV *SimaPro* aos constituintes listados, para que se calculem os indicadores ambientais.

Após esta fase são feitos os cálculos de impacte ambiental nos indicadores seleccionados (que são o potencial de depleção abiótica de combustíveis fósseis ou ADP(ff) e o potencial de aquecimento global num horizonte de 100 anos ou GWP100a) na unidade declarada, tendo em conta os impactes recolhidos do *software SimaPro*, e as percentagens de cada constituinte no produto final, seguindo-se a transformação da unidade declarada (quilograma) para a unidade funcional definida (metro quadrado).

São então analisados todos os produtos, tendo em conta o nível de qualidade de informação (NQI), e efectuam-se análises entre produtos do mesmo tipo, seguidas de conjugações entre produtos que se complementam na função de protecção de ETICS. Neste ponto realizam-se análises comparativas, em que se analisa o aumento de impacte ambiental que uma determinada solução de protecção tem num determinado acabamento de ETICS.

Após esta fase, nos produtos para os quais existe informação ambiental e económica, é realizada uma avaliação de CCV e uma ACV ambiental. Esta avaliação é realizada para o horizonte de vida útil expectável de um sistema ETICS, e tem em conta as necessidades de manutenção da literatura técnica e a durabilidade enunciada pelos fabricantes. Têm-se assim em conta as aplicações e reaplicações de produtos previstas ao longo da vida útil do ETICS. A avaliação CCV terá por base uma abordagem de valor actual (VACCV) com análise a preços constantes, ou seja, sem inflação, em [€/m<sup>2</sup>] e actualizada para o ano zero.

De seguida, apresenta-se uma análise multicritério, cujo objectivo é o de tentar identificar qual a melhor solução, conforme os pesos das componentes ambiental e económica, que sejam admitidos, para um conjunto de estratégias de intervenção. Para este ponto, todas as soluções foram normalizadas entre a melhor e a pior solução apresentada para cada categoria (VACCV, ADP(ff) e GWP100a), atribuindo um valor de “1” para a melhor e “0” para a pior, sendo atribuído um valor neste intervalo às restantes soluções, de forma proporcional. Assume-se que as categorias ADP(ff) e GWP100a podem representar conjuntamente e com igual peso a dimensão ambiental, representando VACCV a categoria de impacte económico. Com estas suposições, apresenta-se um espectro de resultados para as diferentes soluções consideradas, variando os pesos das categorias de impacte ambiental e económico, entre 1 e 0.

## 1.4 Organização da dissertação

A dissertação é constituída por 6 capítulos, seguindo uma lógica de definição de objectivos, pesquisa de estado da arte, recolha e tratamento de dados, realização de cálculos, apresentação e discussão de resultados seguida, por fim, pelas conclusões e anexos.

No Capítulo 1 – Introdução, é feita uma apresentação do trabalho, definem-se os objectivos, metodologia e organização da dissertação.

No Capítulo 2 – Análise do ciclo de vida, é feito um resumo das metodologias ACV e CCV, definindo o contexto histórico, aspectos normativos, metodologias e certificações.

No Capítulo 3 – Produtos de protecção de ETICS, são apresentados todos os produtos de protecção que foram estudados e as suas formulações mais comuns, mecanismos de acção, vantagens e desvantagens e, por fim, é apresentada uma lista de todos os produtos disponibilizado no mercado português.

No Capítulo 4 – ACV ambiental de produtos de protecção, são apresentados todos os produtos para os quais foi possível obter informação relevante, são descritos todos os métodos usados na recolha e tratamento da informação, bem como as aproximações que foi necessário aplicar. É feito, numa primeira fase, o estudo de impactes ambientais dos produtos, seguido de um estudo semelhante para soluções incluindo esses produtos aplicados aos vários acabamentos de ETICS.

No Capítulo 5 – ACV e CCV – casos de estudo, são apresentados produtos representativos das categorias tratadas no capítulo 4, que são conjugados entre si para formular soluções de protecção de ETICS completas; este estudo foi feito do ponto de vista ambiental e económico para o horizonte de vida útil dos sistemas ETICS.

No Capítulo 6 – Conclusões e desenvolvimentos futuros, são apresentadas as principais conclusões do trabalho. São também discutidas as dificuldades e os desafios com que este trabalho se deparou, como foram ultrapassados e o impacto nos resultados. Por fim, são enunciadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

De seguida são apresentadas todas as referências bibliográficas, onde é listada toda a literatura considerada neste trabalho.

No Anexo A encontram-se quadros com todos os produtos de acabamentos de ETICS considerados; no Anexo B são apresentados todos os produtos de protecção estudados; no Anexo C é apresentada a metodologia de tratamentos de dados ambientais; no Anexo D é apresentada a metodologia de recolha e tratamento dos dados dos produtos; e no Anexo E é apresentada toda a informação recolhida para tratamento de dados ambientais de um produto.



## Capítulo 2 Avaliação do Ciclo de Vida

### 2.1 Introdução

*“It is an old observation that ‘What gets measured gets managed’,  
and that what is not measured or measurable runs the risk of being neglected”*

- M. Hauschild, R. Rosenbaum, S. Olsen

O que é medido é gerido, portanto a capacidade de gerir e minimizar os impactes ambientais de algo, depende directamente da nossa capacidade em medir e avaliar esses mesmo impactes [3].

As abordagens de ACV e de CCV são a melhor forma de que dispomos actualmente para a determinação desses impactes, medindo o impacte ambiental, e verificando o custo de cada opção.

O sector da construção é responsável pelo consumo de uma grande quantidade de matérias primas (40% da pedra, cascalho e areia produzidos, 25% da madeira e 16% da água), bem como por 19% das emissões globais de gases com efeito de estufa [1]. No total, os edifícios, em construção, utilização e fim-de-vida, são responsáveis pelo consumo de cerca de 40% da energia produzida, 30% das matérias primas, 25% dos resíduos sólidos, 25% do uso de água, 12% do uso de área de terra e 33% das emissões de gases de estufa [2]. Portanto, é essencial avaliar os impactes desta indústria, bem como encontrar soluções que, não só diminuam o impacte da construção, mas também o impacte no total do ciclo de vida dos edifícios.

Como forma de diminuir os impactes ambientais, os edifícios sustentáveis estão, cada vez mais, no centro da discussão. Contudo, as soluções mais ambientalmente responsáveis trazem consigo um custo inicial acrescido, que pode variar de um acréscimo de 0,66% para uma certificação base, até 21% de acréscimo para soluções correntes [4]. Este custo inicial pode, contudo, ser compensado na utilização do edifício, podendo levar a menores consumos energéticos, para um nível de conforto óptimo, menores consumos de água, ou até na utilização de materiais com maior durabilidade que impliquem menores custos de manutenção, visto a durabilidade de componentes ser fulcral para uma diminuição de impactes ambientais e económicos [5]. No entanto a *willingness to pay (WTP)*, ou disponibilidade para pagar (DPP), tem aqui um papel fundamental, pois a disponibilidade para fazer um investimento inicial superior, mesmo com menores custos no futuro, não é garantida, e dependerá, não só de cultura para cultura, como de individuo para individuo.

Neste capítulo faz-se um resumo das metodologias de ACV e CCV, bem como uma descrição sumária de como estas metodologias podem ser aplicadas em conjunto para reduzir os impactes ambientais aumentar a desempenho económica de soluções construtivas.

### 2.2 ACV ambiental

A metodologia *Life Cycle Assessment* (Avaliação de Ciclo de Vida ou ACV) foi pela primeira vez definida em 1991 pela SETAC (*Society for Environmental Toxicology and Chemistry*) como um procedimento para sistematizar a quantificação de impactes ambientais, de um determinado produto ou actividade, através da identificação e contabilização das matérias primas consumidas e das emissões [6,7].

Esta definição inicial do termo ACV levou à organização, pela SETAC, de um conjunto de *workshops* juntando vários especialistas mundiais, com o objectivo de se definir, pela primeira vez, um conjunto de guias normalizadas para a abordagem ACV. Este processo culminou na publicação da família de normas 14040 [8,9].

A partir desta primeira formulação, evoluiu-se até hoje, para documentos normativos realizados pela Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization – ISO*) que definem detalhadamente os procedimentos da ACV, independentemente de localização geográfica, tipo de produto ou serviço ou qualquer outra especificidade particular do estudo a realizar.

### 2.2.1 Aspectos Normativos

As normas ISO, de âmbito geral, que regulam a metodologia ACV, são as seguintes:

- i. ISO 14040:2006 - *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework* [10];
- ii. ISO 14044:2006 - *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines* [11].

Para além da família de normas ISO 14000 de âmbito geral, existe a família ISO 15643, de aplicação específica a edifícios e a ISO 15804, que define a estrutura das declarações ambientais de produto:

- i. ISO 15643-1:2010 - *Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings. General framework* [12];
- ii. ISO 15643-2:2011 - *Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Framework for the assessment of environmental performance* [13];
- iii. ISO 15643-3:2012 - *Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Framework for the assessment of social performance* [14];
- iv. ISO 15643-4:2012 - *Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Framework for the assessment of economic performance* [15];
- v. ISO 15643-5:2017 - *Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings and civil engineering works. Framework on specific principles and requirement for civil engineering works* [16];
- vi. ISO 15804:2012+A2:2019 - *Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products* [17].

Existe ainda uma norma europeia do comité europeu de normalização (*Comité Européen de Normalisation – CEN*):

- i. CEN 15978:2011 - *Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method* [18].

### 2.2.2 Metodologia de ACV

Os objectivos da ACV são quantificar e avaliar o desempenho ambiental dos produtos, possibilitando a comparação entre vários produtos com diferentes processos de fabrico, bem como a optimização de processos do ponto de vista ambiental, podendo assim facilitar a adopção de métodos de fabrico mais eficientes ambientalmente [1].

Fundamentalmente, uma ACV é dividida em quatro etapas distintas, de acordo com a norma ISO14040:2006 [6,10]:

- i. Definição do objectivo e âmbito da ACV – Nesta fase definem-se as fronteiras do estudo. Depende intimamente do produto/processo a avaliar e do que se pretende com o estudo. A profundidade do estudo pode ter variações muito grandes consoante o objectivo de um ACV em particular;
- ii. Execução e análise de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) – Esta fase é caracterizada pela recolha de dados de entradas/saídas relativos ao sistema em estudo;
- iii. Avaliação de Impactes no Ciclo de Vida (AICV) – O objectivo desta fase é de providenciar informação adicional para ajudar a avaliar os resultados do sistema de produto, por forma a melhor compreender o seu significado ambiental;
- iv. Interpretação do ciclo de vida – Como fase final da ACV, consiste num resumo dos resultados do ICV e/ou da AICV, apresentados de forma sumária, acompanhados de uma discussão que serve de base à apresentação de conclusões e recomendações, de acordo com o âmbito e objectivo inicialmente definidos.



A metodologia de ACV divide o ciclo de vida de um produto em vários subprocessos e etapas, tal como definido na norma ISO15643-2:2011 [13] para o sector da construção, como se pode observar na Figura 2.1.

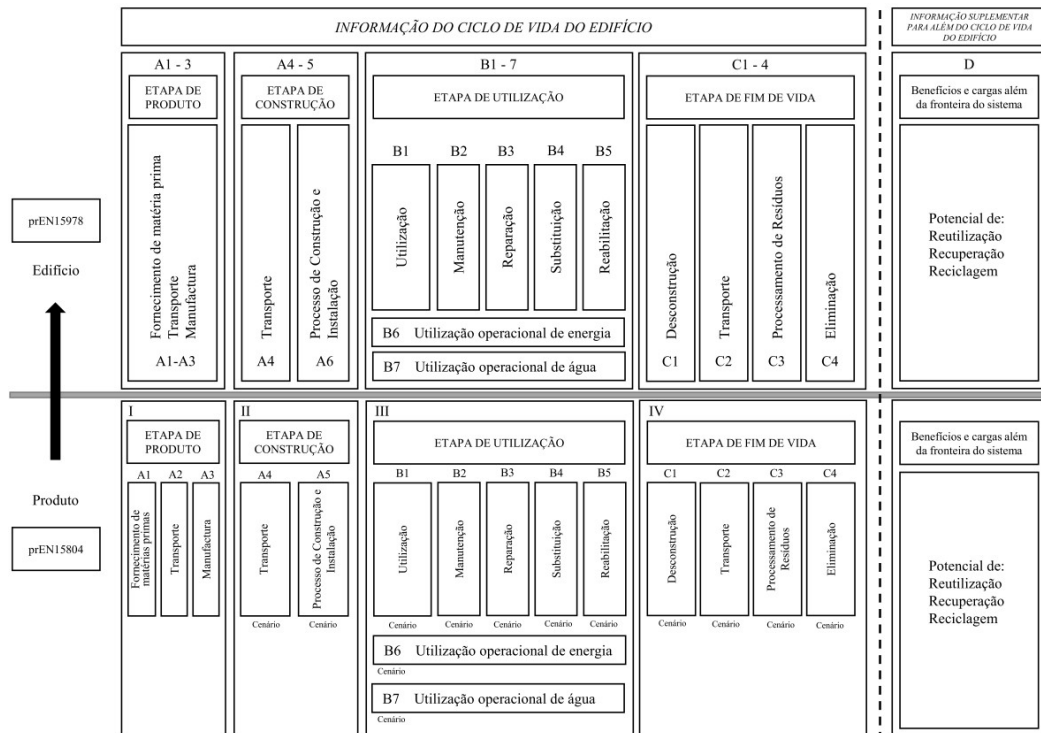


Figura 2.1 - Discriminação das diferentes etapas do ciclo de vida de um edifício (adaptado de ISO15643-2:2011 [13])

Todas estas fases da vida de um produto podem ser resumidas em três abordagens diferentes pela metodologia ACV [18,19]:

- i. Berço-ao-Portão (*Cradle-to-Gate*) – Fases A1-A3;
- ii. Berço-ao-Túmulo (*Cradle-to-Grave*) – Fases A1-C4;
- iii. Berço-ao-Berço (*Cradle-to-Cradle*) – Fases A1-A1.

Esta divisão pode ser vista de forma gráfica na Figura 2.2 [20]:

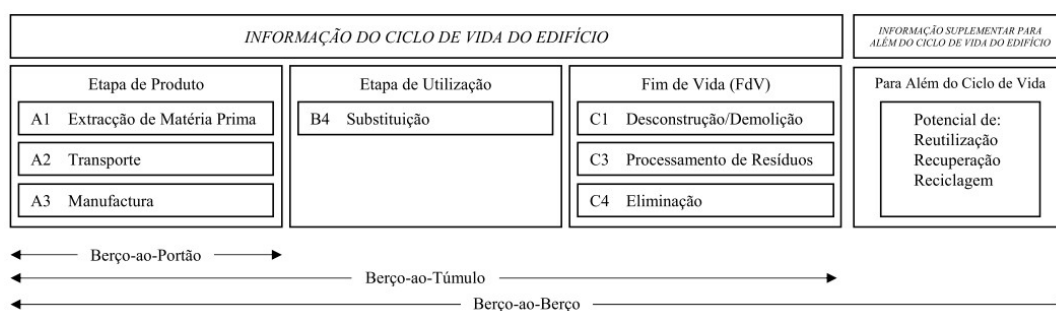


Figura 2.2 - Fronteiras dos sistemas (adaptado de ISO15978:2011 [20])

Na ACV de materiais de construção considera-se, normalmente, uma avaliação *Cradle-to-Gate*, que se traduz nas etapas A1-A3 [1]. Esta avaliação envolve, essencialmente, processos de extracção e transporte de matérias-primas, e de fabrico do produto final [20].

O objectivo da definição destas etapas é a sistematização de processos e a reprodutibilidade de resultados, para que os estudos resultantes sejam comparáveis e tenham valor em absoluto. Contudo, mesmo garantindo os procedimentos, existem ainda diferenças consideráveis entre as bases de dados de ACV de matérias-primas existentes, existindo a possibilidade de diferenças consideráveis nos resultados de um mesmo produto, usando a mesma metodologia mas bases de dados distintas [20,21].

O sucesso da aplicação de metodologia ACV depende directamente da qualidade dos dados utilizados pois estes são usados numa quantidade muito elevada. Estes são nomeadamente relativos à produção, como consumos de energia, extracção de recursos, emissões gasosas para a atmosfera e de águas residuais, entre outros [22]. Quando não é possível a recolha directa dos dados a partir do fabricante, estes dados podem ser obtidos através da indústria da construção, bases de dados ambientais ou Declarações Ambientais de Produto (DAP) [23]. A utilização de dados do fabricante é ideal, pois representa directamente o produto em estudo, enquanto que a utilização de bases de dados genéricas acarreta um erro derivado aos dados serem médias de um conjunto grande de dados ou dados genéricos [22,24].

Portanto, é importante a determinação de regras para a selecção das bases de dados a utilizar, usando métodos como o *NativeLCA* proposto por Silvestre *et al.* (2015) [25], com a estrutura presente na Figura 2.3.

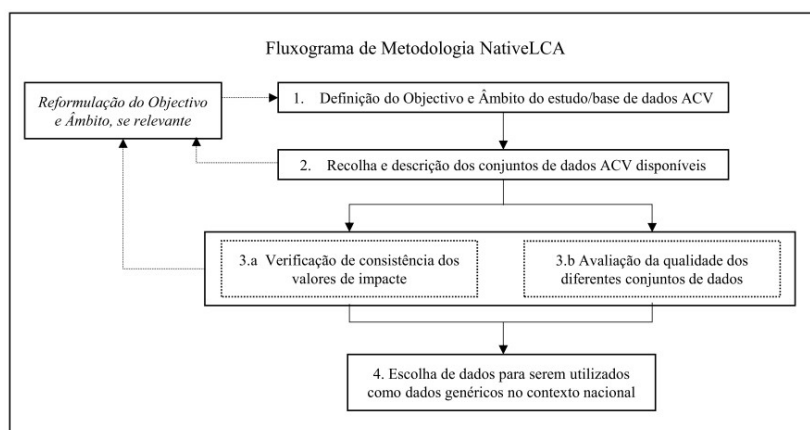


Figura 2.3 - Procedimentos globais do método *NativeLCA* [25]

Desta forma é possível escolher as bases de dados mais relevantes para o objectivo e âmbito do estudo de ACV a realizar, minimizando as possibilidades de erro.

## 2.3 Declaração Ambiental de Produto – DAP

As declarações ambientais do tipo III, ou Declarações Ambientais de Produto (DAP), são realizadas com base na metodologia de ACV e outras regras inscrita na ISO 14025:2006 – *Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures* [26].

Uma DAP pretende quantificar informação sobre o ciclo de vida de um determinado produto de forma sistemática, permitindo também uma comparação directa entre diferentes produtos por um decisor.

As DAP são de carácter voluntário, pelo que as empresas podem escolher avaliar um dos seus produtos, para apresentar essa mais valia aos potenciais clientes de aceder ao seu impacte ambiental. O produtor pode ainda, por exemplo, avaliar em que fase estão os maiores consumos energéticos (que têm custo económico e ambiental directo) de um determinado processo de fabrico, e assim agir por forma a tornar alguns processos mais eficientes, tornando o produto mais barato de produzir e ambientalmente mais responsável [6].

A informação obrigatória de constar numa DAP de um produto para a construção é, entre outra [6,17]:

- i. Impactes ambientais na fase de produção e no fim da vida-útil;
- ii. Conteúdo reciclado e potencial reciclável;
- iii. Vida-útil prevista do produto;
- iv. Totalidade das operações de transporte dentro do âmbito do estudo;
- v. Definição do fim-de-vida do produto;
- vi. Conteúdo energético recuperável.

Com esta informação é então possível utilizar os dados da DAP para poder construir a ACV de um edifício. Estes dados correspondem, tão perto quanto possível, à realidade, e evitam o uso de valores genéricos ou médios, permitindo o uso de valores reais medidos nos procedimentos de fabrico efectivos do produto em causa.

Após a realização da DAP, esta deve ser submetida a verificação e publicada num sistema de registo. Existem algumas plataformas de registo de DAPs no sector da construção a nível internacional e a nível de cada país. Em Portugal, a plataforma de submissão e registo é a *DAPHabitat*, a qual coopera com o programa *ECO-Platform*, que consiste numa organização internacional que junta plataformas Europeias de registo de DAPs no sector da construção para que exista harmonização nos procedimentos e menos documentos publicados [27].

No entanto, dado o carácter voluntário, custo e complexidade da realização deste tipo de declarações, a adesão das empresas portuguesas a este tipo de rotulagem é ainda baixa. Esta realidade tenderá a alterar-se com a, cada vez maior, preocupação com a sustentabilidade ambiental da construção.

## 2.4 Análise de Custos do Ciclo de Vida – CCV

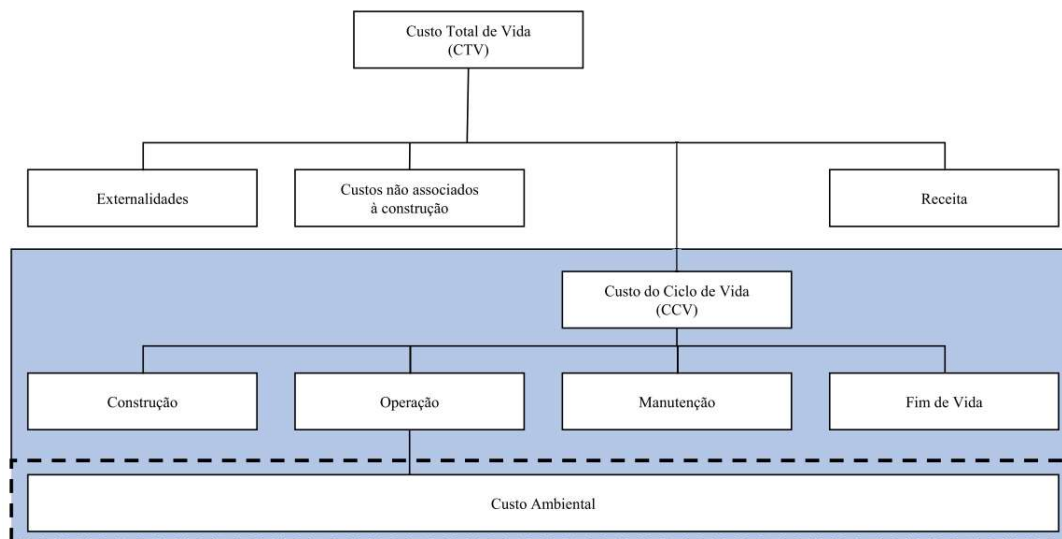
O termo “Custo do Ciclo de Vida” (CCV) surgiu na década de 1960, no Departamento de Defesa dos EUA, servindo para descrever uma metodologia de optimização de *design* através do cálculo do custo do ciclo de vida do equipamento [28,29]. Esta metodologia foi desenvolvida para equipamento militar de alto custo (aviões, tanques, etc.), sendo aplicada para avaliar e comparar as diferentes soluções que eram apresentadas por diferentes empresas para o mesmo equipamento. A vida útil considerada para a determinação do CCV era dividida em investigação e desenvolvimento, design, manufactura, instalação, operação, manutenção e, finalmente, desmantelamento [30]. Esta metodologia foi, em primeiro lugar, adoptada para grandes projectos, onde o custo energético e de manutenção era determinante (equipamento militar, barragens, etc.) mas, após a crise energética de 1973, a sua utilização tornou-se mais generalizada em investimentos governamentais para considerar custos energéticos futuros, aquando da aquisição de equipamento e do desenho e construção de novos edifícios [31].

O interesse governamental e público gerado pela aplicação da metodologia de CCV na optimização de custos, levou a que na década de 1980 existisse investigação significativa na aplicação desta metodologia especificamente ao sector da construção [28,29]. Este interesse deveu-se às particularidades do sector da construção, como a variabilidade de dados de custos, incertezas, etc. [31]. Com as recentes preocupações ambientais, a análise de CCV tem ganho tracção por permitir estimar custos directos e indirectos (externalidades) do impacte ambiental do ciclo de vida de um determinado produto [32].

### 2.4.1 – Aspectos Normativos

A análise de CCV em construção é orientada pela norma ISO 15686-5:2014 – *Building and constructed assets – Service-life planning Part 5: Life-Cycle Costing* [33].

A hierarquização dos custos em diferentes metodologias pode ser visualizada na Figura 2.4, que demonstra os custos considerados em cada metodologia, segundo a ISO 15686-5:2014.



**Figura 2.4 - Definição gráfica dos conceitos de Custo de Ciclo de Vida (adaptado de ISO15686-5:2014 [33])**

## 2.4.2 Metodologia CCV

Segundo a norma ISO 15686-5:2014, o propósito da avaliação de CCV é “quantificar o custo de ciclo de vida para informar a tomada de decisão ou processo de avaliação, devendo incluir informações de outras avaliações (como as avaliações ambientais, de segurança, design, etc.)” [33].

Esta avaliação consiste, em semelhança à ACV, na aplicação dos seguintes passos [34]:

- i. Definição do problema: âmbito e objectivo;
- ii. Análise do problema;
- iii. Estruturação e realização dos cálculos;
- iv. Validação e interpretação de resultados;

Conforme o objectivo, a aproximação ao problema varia, podendo ser adoptada uma avaliação de CCV ou eventualmente uma avaliação de custo total de vida (CTV), tal como é graficamente perceptível na Figura 2.4. As avaliações CCV e CTV distinguem-se nos custos considerados, sendo que a abordagem CTV é idêntica à CCV, com a diferença que considera mais custos indirectos, incluindo externalidades como as ambientais [33,34].

Quando a avaliação CCV (ou CTV) é realizada em paralelo com uma ACV, estas devem ter uma definição de objectivos, âmbito, recolha de dados e de análise interpretativa que seja consistente [35].

Estas avaliações de custos podem ser realizadas a vários níveis [34]:

- i. Nível de componente singular (por exemplo: tinta);
- ii. Nível de sistema, consistindo num agregado de vários componentes singulares (por exemplo: tinta + primário + protecção);
- iii. Nível de elemento (por exemplo: parede exterior);
- iv. Nível de grupo, que consiste num conjunto de elementos (por exemplo: envolvente do edifício);
- v. Nível do edifício;
- vi. Nível de carteira de activos imobiliários.

A abordagem CTV aplicada em paralelo à ACV ambiental pode ser utilizada como ferramenta de planificação ou como uma forma de contabilidade. A sua utilização mais comum é como ferramenta de comparação entre diferentes soluções para um mesmo problema, avaliando, em fase de projecto, o desempenho económico das diferentes alternativas, mesmo que tecnicamente diferentes, prevendo os custos ao longo da vida útil, e

actualizando esses custos para a altura do investimento inicial, tendo a capacidade de considerar taxas de juro, custos de oportunidade bem como todas as externalidades que o dono de obra (ou qualquer outra entidade cujo ponto de vista seja considerado no estudo) considere relevantes para a tomada de decisão [35].

### 2.4.3 Análise financeira

O propósito da avaliação de CCV é prever custos ou *cash-flows* futuros, para um determinado processo ou produto, e trazer esses custos futuros para o momento da análise [34]. Como o valor do dinheiro não é uma constante, a análise financeira é uma pedra basilar da avaliação de CCV, tornando importante definir, tão bem quanto possível, todas as considerações assumidas no momento do cálculo, como taxas de juro, taxas de desconto<sup>1</sup>, custos de capital, entre outros factores que possam ser importantes para o cliente da análise de CCV, e que influenciem o valor do dinheiro no tempo [29,36].

A avaliação financeira pode ser levada a cabo de duas formas diferentes, usando custos reais ou nominais [34]:

- i. Custos reais – assume que a taxa de inflação (e/ou deflação) é aplicada de igual forma a todos os custos, podendo ser ignorada, se as taxas de desconto reais<sup>2</sup> forem utilizadas – tal como recomendado pela ISO 15686-5:2014. Assim, a taxa de desconto pode ser utilizada para trazer custos futuros para o momento do cálculo, excluindo a inflação;
- ii. Custos nominais – todos os custos são actualizados de acordo com a inflação (ou deflação), considerando também a eficiência estimada e mudanças tecnológicas. Esta aproximação traz consigo mais incerteza nas projecções.

Tal como já referido, a análise preferencial pela norma ISO 15686-5 é a de custos reais. Em relação aos métodos de análise financeira, para CCV, são geralmente considerados os seguintes [34,37]:

- i. Valor Actualizado ou Valor Actualizado Líquido (VAL) – em que se considera a quantidade de capital necessário realizar no momento do investimento que seja suficiente para pagar o custo de capital somado a todos os custos operacionais futuros. O VAL considera não só os custos como as receitas;
- ii. Valor Anual Equivalente – representa a perda de capital que resulta de ter realizado o investimento em estudo em vez de ter investido o capital num depósito bancário;
- iii. Período de Retorno do Investimento (ROI) – usado principalmente como análise inicial, apresenta uma sensibilidade muito grande à taxa de desconto (como os pontos i e ii), tornando esta análise pouco confiável para a comparação de diferentes opções.

## 2.5 Conclusão do capítulo

Neste capítulo foi definido o procedimento das metodologias de ACV. Ficou determinado que, como se irão aplicar abordagens de ACV do ponto de vista ambiental e económico, serão definidos o objectivo e o âmbito para os casos em estudo que sejam compatíveis com estas duas abordagens, para que, no fim, seja possível uma leitura integrada do ponto de vista ambiental e económico, dos sistemas estudados.

Para o problema em estudo pretende-se definir os custos associados, ao longo da vida útil dos produtos de protecção de uma parede exterior revestida com ETICS, de forma integrada com a metodologia de ACV ambiental. Portanto, em termos de metodologia de cálculo, dever-se-á utilizar a metodologia VAL, aliada à ROI se tal se tornar necessário.

Dadas as actuais preocupações ambientais, é importante contabilizar de forma mensurável os impactes. Só desta forma é possível actuar, e começar a trabalhar hoje, para uma construção cada vez mais sustentável no futuro.

---

<sup>1</sup> Taxa de desconto - Taxa de juro cobrada pelo banco central de cada país aos bancos comerciais [139].

<sup>2</sup> Taxa de desconto real – taxa baseada na diferença entre a taxa base de um banco e a taxa de inflação.



## Capítulo 3 Produtos de protecção de ETICS

### 3.1 Introdução

Esta dissertação está inserida no âmbito do projecto WGB\_Shield - Protecção de Fachadas de Edifícios na Revitalização das Cidades: Tripla Resistência à Água, *Graffiti* e Biocolonização em Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior. Neste projecto pretende-se o desenvolvimento de ETICS com maior durabilidade em ambiente urbano, garantindo a qualidade estética das fachadas, sem pôr em causa a eficiência energética dos edifícios, o ambiente, ou a atractividade turística. Tem como objectivos desenhar uma nova metodologia para a avaliação de desempenho das soluções de protecção de ETICS, e a aplicação de soluções integradas de protecção e reparação em zonas urbanas.

Nesta dissertação será realizado um levantamento exaustivo, bem como uma descrição genérica, dos vários materiais de protecção, tenham já, ou não, presença em produtos comerciais no mercado português. Começa-se por uma caracterização dos ETICS, especialmente dos que estão homologados pelo LNEC, seguindo-se os seguintes materiais de protecção:

- Hidrófugos;
- Biocidas;
- *Anti-graffiti*;
- Autolimpantes;
- Multifuncionais.

Será descrito, para cada grupo de materiais de protecção, de forma genérica, o mecanismo de acção, os princípios activos, bem como as vantagens e limitações.

### 3.2 Caracterização de ETICS

Os ETICS tiveram a sua origem nos anos 40 do século XX na Suécia na forma de lã mineral aplicada pelo exterior, revestida por um reboco de cimento e cal [38]. A partir dos anos 70 do século XX a utilização desta solução tem sido mais comum por toda a Europa [39]. Em Portugal, a introdução do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) em 1990, que introduziu legislação mais rigorosa no comportamento energético e conforto ambiental, levou a que esta solução comesse a ser adoptada, ainda que de forma marginal ao início [40]. Segundo Duarte (2011) [41], os ETICS tiveram uma baixa utilização até 2006 em Portugal, altura em que o RCCTE foi actualizado e se tornou mais restritivo, levando a que a aplicação de ETICS tivesse passado de 200.000 m<sup>2</sup> em 2006 para 2.400.000 m<sup>2</sup> em 2010 [40,41], e que em 2015 tivesse uma aplicação de 4.014.255 m<sup>2</sup>, que mostra a tendência de aproximação para o valor de referência europeu de 0,5 m<sup>2</sup>/habitante/ano [42]

Os sistemas ETICS no mercado são obrigados a ter uma Avaliação Técnica Europeia (ATE), realizada em Portugal pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil) ou pelo ITECons (Instituto de Investigação de Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade), que define todos os materiais, características e desempenho de cada solução.

De acordo com o ETAG 004 [43], os ETICS são sistemas que consistem em painéis pré-fabricados de isolamento térmico aplicados directamente sobre a parede. Segue-se o revestimento desses painéis por uma ou mais camadas (aplicadas *in situ*) de argamassa. Pelo menos uma destas camadas (ou a única) deve conter um reforço mecânico. As argamassas são aplicadas directamente sobre o isolamento, sem qualquer caixa de ar, como se pode ver pela Figura 3.1 [38].

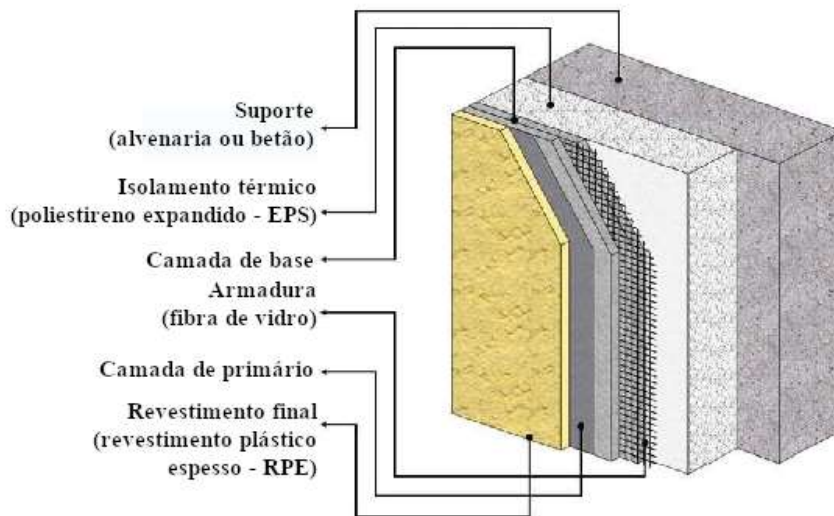


Figura 3.1 - Esquema das várias camadas constituintes de um ETICS (adaptado de Freitas [38])

Os painéis de revestimento podem ser de vários materiais, como lã mineral, aglomerado de cortiça expandida, poliestireno expandido moldado (EPS – *Expanded Polystyrene*) ou poliestireno extrudado (XPS – *Extruded Polystyrene*). O sistema de adesão dos painéis às paredes pode ser apenas por colagem ou auxiliado por fixação mecânica. O reforço mecânico das argamassas de revestimento é, geralmente, realizado por uma rede de fibra de vidro [39]. A protecção do sistema é feita por um revestimento final, geralmente na forma de um revestimento espesso ou tinta plástica [40].

Os ETICS são um revestimento aplicado pelo exterior, pelo que envolvem toda a construção, e estão sujeitos a uma panóplia de acções, desde os factores naturais (água da chuva, vento, radiação UV) até factores de origem humana, como os *graffiti* ou a poluição.

Portanto, existe uma necessidade de protecção superficial, que proteja a solução, dos factores agressores. Tipicamente, os acabamentos de ETICS apresentam alguma capacidade hidrófuga bem como biocida. No entanto, em situações em que as superfícies estejam sujeitas a condições mais agressivas ambientalmente, será necessário fazer um reforço inicial destas características (por exemplo, reforço de biocida em fachadas viradas a Norte, em zonas mais húmidas, pelo potencial de condensações superficiais com menor secagem [44]).

Para situações em ambiente urbano, em que o risco de vandalismo é superior, poderá ser necessária a aplicação de anti-*graffiti*. E em zonas mais sujeitas a poluição atmosférica ou zonas particularmente sujeitas a colonização biológica, a aplicação de um produto multifuncional com características de autolimpeza, pode ser importante.

A grande adopção dos ETICS como solução prende-se, em grande parte, com as vantagens técnicas face a outras soluções, incluindo [39,45]:

- A redução de pontes térmicas;
- O maior conforto térmico no interior;
- Menor probabilidade de condensações no interior das paredes;
- A obtenção de paredes exteriores mais finas, maximizando áreas uteis;
- Aplicação pelo exterior, que facilita o uso em reabilitação [45–47].



Apesar das muitas vantagens, os sistemas ETICS podem apresentar várias anomalias, e que são originadas, geralmente, mas não exclusivamente, por uma das três causas seguintes [39]:

- Aplicação inicial deficiente – delaminação de placas de isolamento ou do acabamento, e/ou fissuração excessiva;
- Baixa resistência ao impacto – problemático em zonas acessíveis a pessoas, em que um pequeno impacto no sistema pode causar uma “mossa” que põe em causa a capacidade de resistência do sistema;
- Condensações superficiais – biocolonização da superfície e/ou deposição de poluentes que descoloram a superfície.

Para além do já referido, existem outras causas, como o vandalismo, na forma de *graffiti* por exemplo, que causam anomalias que devem ser reparadas.

## 3.3 Caracterização dos produtos de protecção

### 3.3.1 Hidrófugos

A água é o principal factor de degradação natural dos elementos construtivos, seja pela alteração química do substrato, pela deposição de poluentes na superfície ou pelo aumento da bioreceptividade da superfície [48]. Esta degradação pode ser diminuída ou evitada com a utilização de hidrófugos, cuja principal função é, evitar ou diminuir, a absorção de água por acção capilar através da alteração das características da superfície, reduzindo assim as anomalias associadas à água [49].

No decurso da História, vários materiais foram aplicados a superfícies expostas para prevenir a entrada de água, desde óleos, ceras, tintas ou argamassas [49]. O maior desenvolvimento, até aos dias de hoje, foi a descoberta da família dos silicones, no fim do século XIX, tendo sido desenvolvidas pela primeira vez formulações comerciais de hidrófugos de base silicone nos anos 50 do século XX [50].

O crescer de preocupações ambientais e saúde dos funcionários, em relação aos produtos solventes utilizados originalmente como base, devido aos COV (Compostos Orgânicos Voláteis) presentes nestes, levou ao desenvolvimento de dispersões aquosas destes materiais. Estas formulações chegaram ao mercado, pela primeira vez, nos anos 90 do século passado [49]. Apesar destas preocupações, tanto ambientais como da saúde humana, os produtos de base solvente continuam a ter uma quota relevante de mercado (aproximadamente de 50%), dada a sua eficácia, ainda superior aos de base aquosa.

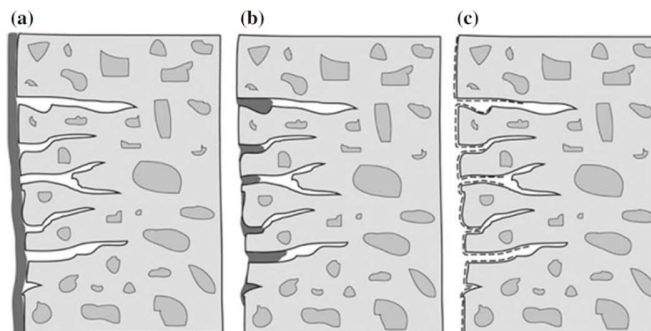
As formulações à base de silicone, são hoje as que têm mais presença em mercado, nas suas mais variadas formas, seja silanos, siloxanos ou outras [49–51]. Devido às características intrínsecas dos ETICS, as superfícies exteriores destes tendem a criar facilmente um ponto de orvalho que forma gotículas de água à superfície. Portanto, a utilização de hidrófugos e/ou de tintas com capacidade hidrófuga, é essencial à manutenção em boas condições de funcionamento e estéticas, e por mais tempo, destes sistemas [52,53].

Fundamentalmente, os hidrófugos podem ser caracterizados quanto à sua acção, num de dois grupos [54,55], cuja acção pode ser observada na Figura 3.2 [49]:

- Formadores de película – depositam a sua componente hidrófuga à superfície do substrato;
- Penetrantes – preenchem ou depositam a sua componente hidrófuga à superfície e nas paredes internas dos poros.

Destes, os hidrófugos penetrantes podem ser divididos em dois sub-grupos [54–57]:

- Tapa-poros – actuam através do bloqueio dos poros à superfície;
- Impregnação hidrofóbica – criam uma camada hidrofóbica nas superfícies internas dos poros.



**Figura 3.2 - Mecanismo de acção de hidrófugos. a) Formadores de película; b) Tapa-poros; c) Impregnação hidrofóbica [49]**

Os **formadores de película** actuam formando uma fronteira física entre o ambiente e o substrato, podendo existir uma distinção entre selantes e revestimentos. Os revestimentos, formam uma película contínua sobre o substrato com uma determinada espessura (varia entre 100 e 300 micrómetros), que impede a passagem de água (e outros químicos indesejados). Os selantes, pelo seu lado, para além da formação da mesma película superficial, caracterizam-se por apresentarem alguma capacidade de penetração no substrato, penetrando nos poros, ainda que de forma pouco relevante [56]. Um problema da formação de película contínua, prende-se com o facto de o substrato perder a capacidade de difusão do vapor de água do interior para o exterior [57]. Estes produtos encontram-se no mercado na forma de primários e tintas, tendo várias formulações possíveis, nas quais se incluem os acrílicos, vinílicos, resinas epoxídicas, copolímeros de butadieno, copolímeros de polietileno e poliuretano [56].

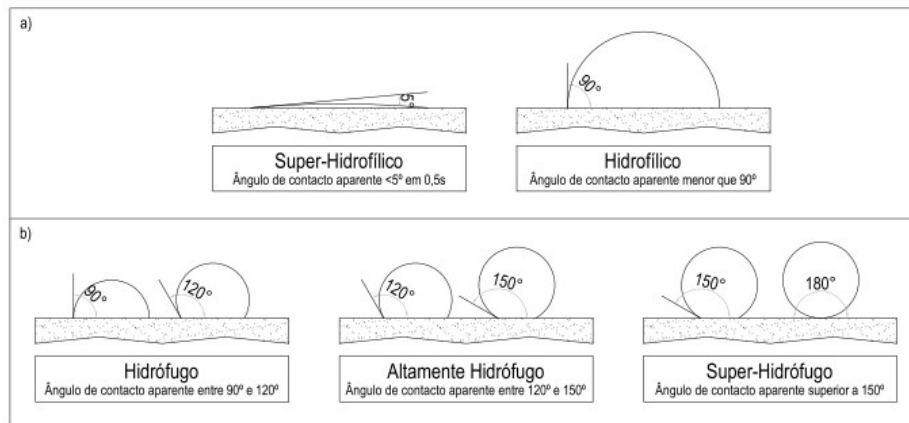
Os **tapa-poros** são produtos que, na sua maioria, se caracterizam pela sua capacidade em penetrar nos poros do substrato e, reagindo com os produtos cimentícios, colmatar os poros [56,57]. Os exemplos mais comuns destes produtos são silicatos e fluorsilicatos, ambos em forma líquida (em veículo solvente ou aquoso), que penetram nos poros e, reagindo quimicamente com produtos da hidratação cimentícia como o hidróxido de cálcio, os bloqueiam [56,57].

Existem outras formulações, como as resinas de base epoxídica ou acrílicas, que podem ter suficiente penetração no substrato para que possam ser consideradas como tapa-poros, não interagindo quimicamente com o substrato [56,58].

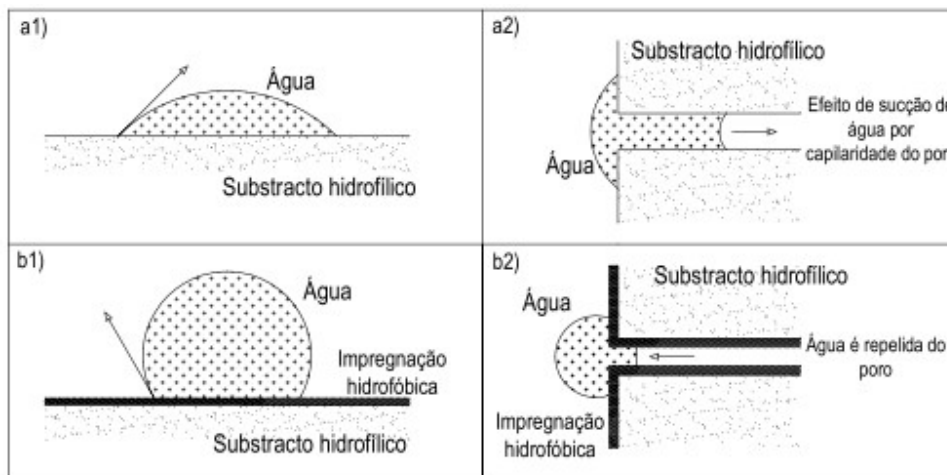
As **impregnações hidrofóbicas** caracterizam-se por criar uma camada que reveste as superfícies internas dos poros e a superfície do substrato [56–59]. Estes produtos actuam repelindo quimicamente a água, aumentando o ângulo de contacto entre a superfície e a tangente à gota de água (Ângulo de Contacto Aparente – ACA). Considera-se que uma superfície é hidrófuga quando o ângulo de contacto aparente é superior a 90° [60]. Como se pode evidenciar pela Figura 3.3 b), podemos caracterizar os hidrófugos quanto à sua capacidade de repelir água em três grupos [60]:

- Hidrófugos;
- Altamente hidrófugos;
- Super-hidrófugos.

Garantir um ângulo de contacto aparente entre as gotículas de água e uma superfície é importante por facilitar o escorregamento ou rolamento destas gotículas em superfícies inclinadas (ou verticais). Para além disso, a sua penetração nos poros impede a absorção de água por capilaridade, segundo o mecanismo que se pode visualizar na Figura 3.4 [56].



**Figura 3.3 - Categorização de superfícies quanto à capacidade de atrair ou repelir água. a) Superfícies hidrofílicas; b) Superfícies hidrófugas (adaptado de Delgado [60])**



**Figura 3.4 - Influência da hidrofiliicidade e hidrofobicidade da superfície interna de poros na absorção de água (adaptado de Pan *et al.* [56])**

A família mais importante de formulações de impregnações hidrofóbicas é a dos derivados de silicone, os quais são compostos sintéticos produzidos pela combinação de materiais inorgânicos que contêm silicone com oxigénio e hidrocarbonetos [56,58]. Os produtos com **hidrófugos à base de silicone** são os com maior presença de mercado, dividindo-se, essencialmente, em quatro tipos [55,58]:

- Silanos;
- Siloxanos;
- Siliconatos;
- Resinas de silicone.

Os **silanos** são moléculas monoméricas pequenas ( $1.0 \times 10^{-6}$  mm a  $1.5 \times 10^{-6}$  mm) [57] e com baixo peso molecular, constituídas por um só átomo de silício que liga um radical na forma de um grupo *alkyl*, a três grupos *alkoxy* [58]. O grupo organofuncional *alkyl* é o responsável pela hidrofobicidade, diminuindo a tensão superficial da superfície (sendo então possível um ângulo de contacto aparente superior a  $90^\circ$ ). Os grupos *alkoxy* controlam como os silanos se ligam ao substrato [57].

Dada a baixa reactividade desta molécula [50], aliada às suas pequenas dimensões, a capacidade de penetração no substrato é bastante elevada [58], mesmo em ambientes alcalinos (ambiente este que catalisa a reacção de hidrólise). Contudo, as pequenas dimensões têm também a consequência de tornar os silanos em produtos com alta volatilidade. Em superfícies com pH neutro, pode ser necessária a utilização de um catalisador.

Os silanos em veículo solvente penetram, geralmente, mais profundamente que os mesmos silanos em veículo aquoso, para além da vantagem de que, em situações de reaplicação, conseguem ultrapassar os hidrófugos já presentes no substrato, enquanto que hidrófugos aquosos, dada a dispersão em água, correm o risco de serem repelidos, e de ser impossível o reforço da hidrofugação do substrato [58].

**Siloxanos** são estruturas moleculares oligoméricas ou poliméricas baseadas em cadeias Si-O-Si [50]. Dado serem moléculas maiores que os monómeros silanos, têm diâmetro significativamente superior ( $1.5 \times 10^{-6}$  mm a  $7.5 \times 10^{-6}$  mm), o que tem como consequência directa, a menor capacidade de penetração face aos silanos. Têm, ainda assim, uma boa capacidade de penetração [57].

Tal como os silanos, os siloxanos são constituídos por grupos *alkyl*, responsáveis pela capacidade hidrofóbica da molécula, e grupos *alkoxy*, responsáveis pela capacidade de ligação da molécula ao substrato [58].

Dada a maior dimensão da molécula, apesar da menor capacidade de penetração, os siloxanos apresentam uma maior capacidade de ligação ao substrato, que resulta directamente numa maior durabilidade. De notar também que a maior dimensão da molécula torna os siloxanos em produtos bastante menos voláteis que os silanos, o que influencia directamente a capacidade de aplicação em ambientes não-ideais.

Segundo Roos *et al.* (2008) [50], dada a maior reactividade das moléculas de siloxanos, estes não necessitam de um catalisador em ambientes neutros, sendo que, em ambientes altamente alcalinos, o processo de cura é tão rápido que não permite uma penetração profunda no substrato.

Os siloxanos em veículo solvente não apresentam uma melhoria clara em termos de penetração no substrato [58], contudo, tal como os silanos, os siloxanos em veículo solvente serão melhores para situações de reaplicação, dado conseguirem penetrar por hidrófugos já presentes no substrato [58].

Os **siliconatos** são o derivado de sílica mais antigo existente no mercado. Os siliconatos são sais que se aplicam diluídos em água. Só é possível a sua aplicação em diluições baixas (por volta dos 4%), dada a sua propensão para serem lixiviados e, conseqüentemente, formar eflorescências [61].

As **resinas de silicone** são constituídas por polisiloxanos de cadeia altamente ramificada e de alto peso molecular. Têm grande capacidade de ligação, mas dadas as suas dimensões, apresentam baixa capacidade de penetração, bem como pouca estabilidade em ambientes pouco alcalinos. Só existem produtos com base em resinas de silicone em veículo solvente dada a falta de eficácia de emulsões de base aquosa devido à incapacidade de penetração no substrato [50].

### 3.3.2 Biocidas

Segundo Lemire *et al* (2013), um biocida é um agente químico capaz de destruir um organismo vivo [62]. As argamassas, após secagem, formam poros de diferentes dimensões, criando condições para a génese de microecossistemas para diversos microorganismos [63], apresentando assim uma bioreceptividade elevada [64]. Entre os microorganismos mais comuns que formam colónias em superfícies como as das argamassas secas, estão os fungos, líquenes, algas, cianobactérias e outras bactérias de várias afiliações filogenéticas [63].

Um dos factores que influencia a bioreceptividade da superfície é a sua hidrofobicidade [48], pois em superfícies hidrofílicas, a penetração de água nos poros promove a degradação das estruturas dos poros, bem como a deposição de minerais e de outros nutrientes, dos quais os microorganismos se alimentam. Contudo, mesmo superfícies hidrofugadas podem ser alvo de colonização dos mais variados microorganismos, pois factores como a orientação das paredes (aos pontos cardeais), a posição/forma da superfícies (alinhamento à horizontal), ou se há um escoamento suficiente entre outros factores, podem favorecer a colonização microbial independentemente da capacidade de hidrofugação da superfície [48]. Outros factores intrínsecos ao material

podem também influenciar a bioreceptividade da superfície, independentemente da hidrofugação, como por exemplo, superfícies muito rugosas ou com poros de diâmetro muito elevado [48]. Portanto a adição de biocidas às superfícies é importante para complementar a actuação de um hidrófugo.

De notar que os biocidas que são usados como produtos de lavagem de superfícies contaminadas podem levar à perda de eficácia de hidrófugos que estejam pré-aplicados na superfície [48]. Quanto ao tipo de princípios activos, é possível dividir os biocidas em dois grupos [65,66]:

- Orgânicos – podem ser naturais ou sintetizados;
- Inorgânicos – geralmente metais.

Tal como referido, dentro dos biocidas orgânicos, existem os naturais e os sintetizados. Destes, os sintetizados são os que têm presença relevante em mercado.

Os **biocidas orgânicos naturais** geralmente são óleos essenciais de plantas [67–69]. Apesar de apresentarem resultados satisfatórios, a sua utilização tem sido pontual, essencialmente em conservação de património, devido à sua baixa toxicidade aliada à sua maior inércia química, que evita alterações no substrato [67].

Devido à sua baixa presença no mercado, não serão tratados nesta dissertação.

Os **biocidas orgânicos sintetizados** são somente solúveis em solventes orgânicos, sendo imiscíveis em água [66]. Estes biocidas são altamente tóxicos, podendo afectar a função do sistema nervoso central, fígado, rins, sangue e pele, tendo alguns compostos, potencial carcinogénico [66]. Apesar de serem muito eficazes como biocidas, apresentam problemas, como o facto de terem uma durabilidade reduzida após aplicação [70] ou o facto de interagirem com o substrato [67]. Devido à sua alta toxicidade, tanto para animais como para o ambiente em geral, existe um esforço para diminuir, ou eliminar [48], a sua utilização [71]. Os compostos mais comuns de biocidas orgânicos são os hidrocarbonetos clorinados, compostos de ciclodieno, derivados de fenol, compostos organometálicos e os organofosfatos [66].

Os **biocidas inorgânicos** são utilizados desde tempos imemoriais, através da colocação de cobre ou prata em recipientes de armazenamento de água ou leite, entre outros líquidos. Desde o século XIX que a utilização de metais como antimicrobiais foi adoptada pela agricultura, através dos sulfatos, aplicado em diversas culturas, desde vinha a pomares. Os sais de sulfato de cobre continuam em utilização, principalmente por serem considerados como agentes orgânicos de biocontrolo [62], podendo assim ser utilizados em agricultura biológica.

Mesmo os metais considerados essenciais à vida (como o ferro (Fe), potássio (K), cálcio (Ca), etc.), podem, em grandes concentrações, ser letais à vida microbiana. Contudo, a utilização de metais pesados não-essenciais como prata (Ag), cobre (Cu), mercúrio (Hg), entre outros, que são venenosos para a generalidade dos organismos vivos mesmo em baixas quantidades, é mais generalizada [72].

A utilização de metais como biocidas tornou-se possível através do processo Sol-Gel [73], em que é possível sintetizar formulações com diversos metais que são usados pelas suas características antimicrobiais, entre os quais, Prata (Ag), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) [48,62]. Mais recentemente, o desenvolvimento de nanotecnologia, tem encontrado formas de produzir formulações com metais em nanoforma, que permitem diminuir a quantidade utilizada, sem pôr em causa a eficácia [74].

Os metais com maior utilização como biocidas em construção são a prata o cobre e o zinco, estando presentes em revestimentos ou impregnados em materiais como a madeira [75]. Para as formulações de metais em nanoforma, o mecanismo de acção aceite é que as nanopartículas destes metais interagem com as membranas das bactérias, levando à morte celular, ou então, devido ao seu tamanho reduzido, têm a capacidade de atravessar as paredes celulares, perturbando a função celular [62,74,75]. Daí a sua eficácia, mesmo em menores quantidades.

O maior problema associado à utilização de metais pesados como biocidas é o impacte ambiental inerente, principalmente o seu impacte na saúde humana [62]. No entanto, a nanotecnologia, tal como já referido,

minimiza este problema [74]. Contudo, existem trabalhos que pretendem desenhar moléculas com metais pesados, moléculas essas, inofensivas para mamíferos, mas letais para microorganismos [62].

Apesar dos problemas de toxicidade já discutidos, existem vantagens associadas à utilização dos nanometais em construção, como a flexibilidade de utilização e a sua durabilidade. A flexibilidade de utilização prende-se com o facto de estes produtos poderem ser utilizados como adjuvantes em argamassas, tintas, primários, entre outros [75]. Em termos de durabilidade, os metais são estáveis e inertes, e a sua forma de acção não implica sempre o consumo do material, podendo agir somente como catalisador de reacções oxo-redução [62]. Um problema de durabilidade, será o potencial de lixiviação devido à dificuldade em garantir uma ligação eficaz à superfície.

Para além dos metais referidos, existe também o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), que devido às suas características fotocatalisadoras, será tratado mais à frente.

### 3.3.3 *Anti-graffiti*

*Graffiti* é, historicamente, o desenho ou a inscrição verbal, gravados em pedra [76,77]. Nos dias de hoje, *graffiti* representa um tipo de vandalismo, geralmente aplicado através de latas de *spray* de tinta, de forma indiscriminada, em qualquer tipo de superfícies, sejam paredes de edifícios habitacionais, ou em património histórico classificado, de valor incalculável, sem qualquer preocupação com a definitiva alteração do património, ou até a sua eventual destruição [78–80].

Para além das consequências directas acima referidas, em que se considera a alteração de fachadas e monumentos históricos, existem outras consequências ao nível psicossocial da proliferação de *graffiti* nas cidades. O efeito *broken window* como descrito originalmente por Kelling e Wilson (1982) [81], consiste no princípio de que se uma janela é partida, e se mantém partida por um período longo de tempo, então ninguém se importará com o estado geral do edifício, logo será socialmente aceitável continuar a destruição desse edifício, sentimento que rapidamente prolifera para propriedades contíguas. Ou seja, um ambiente social de desordem é normalizado e, promove até, mais desordem, e um ambiente bem mantido promove ordem [82]. Este princípio, apesar de usar o exemplo da janela partida, pode ser aplicado a qualquer desarranjo, inclusivamente, *graffiti*.

O princípio *broken window* foi aplicado nos anos 80 e 90 em Nova Iorque, nomeadamente no sistema de metro que sofria de uma epidemia de vandalismo [83]. A aplicação consistiu na limpeza imediata de todo e qualquer *graffiti* que fosse feito nas carruagens, sendo que, se não fosse possível a lavagem imediata, a carruagem era retirada de circulação. A rápida intervenção transmite a sensação que a área está em constante observação [84]. A aplicação deste princípio mostrou-se eficaz em diminuir a dimensão do vandalismo e a delinquência, aumentando o conforto e a sensação de segurança dos utilizadores do metro nova iorquino [82]. Para além da correlação entre a sensação de segurança e os níveis de vandalismo e delinquência, existe também uma relação entre a manutenção correcta dos espaços e a saúde da população que aí tem a sua vida [85].

Para além do já referido, a remoção de *graffiti* pode ser bastante cara, quando não impossível de realizar, dependendo bastante das características do substrato. Este factor é da maior importância pois diminui a possibilidade de intervenções regulares devido ao custo. Portanto, o impacte económico directo (lavagem) e indirecto (perda de receitas por turismo, insegurança, etc.) não é negligenciável, pelo que a aplicação de estratégias passivas anti-*graffiti* poderá ser de grande importância [78].

Para além do valor económico, os *graffiti* em superfícies não protegidas podem provocar a perda de características de património histórico, principalmente em superfícies muito porosas, em que a própria limpeza poderá causar tantos ou mais danos que os *graffiti* em si [86]. Os produtos anti-*graffiti* podem ser categorizados em três grupos diferentes quanto à sua forma de acção e durabilidade no tempo: sacrificiais; permanentes; semi-permanentes [78,87].

**Anti-*graffiti* sacrificiais** são produtos com base em ceras ou silicones, que formam uma camada de protecção sobre o substrato, impedindo que as tintas utilizadas em *graffiti* entrem em contacto com a superfície. E, tal

como o nome indica, a camada formada tem carácter sacrificial, ou seja, quando se pretende eliminar os *graffiti* na superfície, retira-se esta camada com os *graffiti*, e não os *graffiti* em si [78,80], pelo que sempre que se procede a uma lavagem, terá de haver aplicação de nova camada.

Estes produtos apresentam, geralmente, um custo inicial mais baixo, mas o CCV depende directamente do número de lavagens realizadas. Para além dos factores económicos, estes produtos são de fácil aplicação e lavagem. Contudo, têm várias desvantagens inerentes, como alguns serem visíveis após aplicação e possivelmente após serem retirados, formam alguma barreira ao vapor, não terem carácter permanente e serem susceptíveis à radiação UV, que lhes retira durabilidade e capacidade hidrofóbica, tendo uma durabilidade expectável média de três anos [78,88].

Os produtos **anti-graffiti permanentes** são, geralmente, constituídos por bases de resinas epoxídicas, poliuretano, copolímeros acrílicos-siloxano ou fluorcarbono em veículo geralmente solvente [87,89].

O mecanismo de funcionamento deste método baseia-se na aplicação de uma camada hidrofóbica e oleofóbica, que não permita que as tintas dos *graffiti* adiram à superfície, e que facilite a sua eliminação. A eliminação dos *graffiti* é conseguida através da lavagem com água (quente) sob pressão ou com a ajuda de outros produtos químicos que reagem com as tintas mas não com o revestimento anti-*graffiti* [78,86].

Tem um custo inicial mais elevado que os produtos sacrificiais, contudo a sua durabilidade (expectável média de 10 anos) poderá compensar. Como problemas tem o facto de estas camadas tenderem a dificultar difusão do vapor de água, pelo que a sua aplicação em locais muito húmidos é problemática devido à possibilidade de criação de cristais no interior do substrato. Nem sempre se consegue garantir uma total cobertura da superfície, principalmente para poros com diâmetro maior [90].

Os revestimentos **anti-graffiti semi-permanentes** podem, pelo seu lado, ser divididos em dois sub-grupos [87], camada única e camada dupla. Os produtos **semi-permanentes de camada única** têm um comportamento entre os sacrificiais e os permanentes, resistindo a mais que uma lavagem, mas tendo uma durabilidade, ainda assim, reduzida. Geralmente estes produtos resistem a cerca de três lavagens antes de ser necessária uma reaplicação [78,80]. Os **anti-graffiti semi-permanentes de camada dupla** resultam da conjugação de produtos sacrificiais e permanentes, em que é aplicada uma primeira camada permanente no substrato com características hidrofóbicas, e, por cima, uma camada superficial sacrificial que é eliminada sempre que é necessária a lavagem, sendo de seguida, reaplicada [87].

### 3.3.4 Autolimpeza

A selecção natural das espécies é responsável pela criação dos mais diversos mecanismos para a resolução dos mais variados problemas [91,92]. Um desses problemas é precisamente a acumulação de detritos em superfícies [93]. Esta acumulação de detritos tem um impacte determinante na vida das plantas, que dependem da capacidade de realizar fotossíntese para sobreviverem e se replicarem [92]. Portanto, a presença de impurezas na superfície, leva a uma perda de eficiência da capacidade de fotossíntese da planta, daí a necessidade das plantas em desenvolverem mecanismos de autolimpeza. Este efeito de autolimpeza é particularmente estudado nas folhas de Lotus, pelo que este efeito é conhecido como “efeito Lotus”, dada a capacidade excepcional desta planta em realizar este efeito [94,95].

Através do estudo do efeito Lotus, foi possível concluir que as características que atribuem a capacidade de autolimpeza a uma superfície são a superhidrofobicidade, com ângulos de contacto estático superiores a 150° aliados a um ângulo de rolamento muito baixo [96].

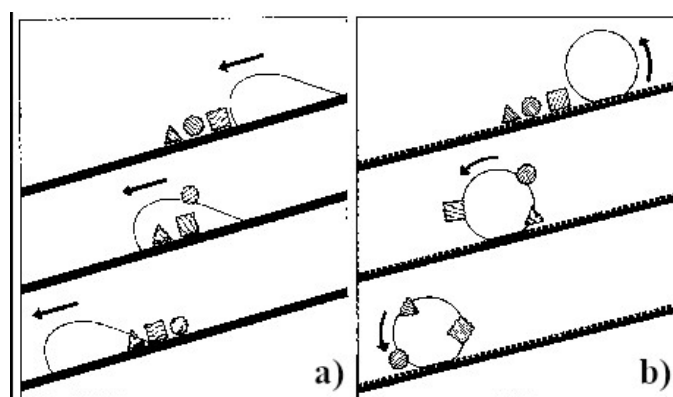
Portanto, sintetizando as capacidades essenciais à atribuição da capacidade de autolimpeza a uma superfície, e reconhecendo as mais-valias desta capacidade, o desenvolvimento de técnicas para se atribuir este efeito a materiais construídos pelo Homem foi o passo seguinte, existindo hoje em dia vários produtos no mercado, inspirados pelo efeito Lotus, desde têxteis a revestimentos de painéis solares, desde instrumentos médicos a materiais de construção [96].

Os produtos desenvolvidos para autolimpeza seguem duas abordagens diferentes, a biomimetização, em que se tenta reproduzir as mesmas estruturas presentes nas folhas de Lotus, responsáveis pela superhidrofugação da folha, ou através de revestimentos que repelem por outros mecanismos, obtendo ângulos de contacto aparente semelhantes aos da folha de Lotus.

Para além das duas abordagens referidas acima, há também a considerar o dióxido de titânio, que será tratado mais à frente.

**Superhidrófugos por biomimetização** são produtos que actuam imitando mecanismos biológicos naturais, como o efeito Lotus. O efeito Lotus tem sido objecto de muito estudo nas últimas décadas [96], por forma a se compreender os mecanismos por detrás desta capacidade de autolimpeza. O princípio base deste mecanismo é simples: numa superfície suficientemente hidrofóbica (ângulo de contacto aparente superior a  $150^\circ$ ), que permita um rolamento de gotas de água com facilidade, estas, ao se deslocarem na superfície, recolhem as partículas que se acumularam aí, e transportam-nas consigo para fora dessa mesma superfície, demonstrando assim a capacidade de autolimpeza [94,96].

O estudo destas estruturas com recurso ao microscópio electrónico de varrimento, que aconteceu no fim do século XX, mostrou as micro e nano estruturas que permitem atingir ângulos de contacto estático tão elevados, levando à superhidrofugação da superfície. Esta capacidade vem de as micro-papilas que revestem a superfície das folhas estarem, elas próprias, revestidas com nanoestruturas tipo ramos, criando assim uma estrutura com dupla hierarquização, altamente hidrófuga, principalmente quando aliada às ceras epicuticulares [94,96]. Na Figura 3.5 b), retirada de [94], é possível ver o efeito Lotus em acção.



**Figura 3.5 - Representação gráfica da diferença entre o escorregamento e o rolamento de uma gota de água na limpeza de uma superfície [94]**

O grande problema em compreender o funcionamento destas superfícies naturais é, precisamente, a sua superhidrofobicidade, que implica ângulos de contacto estático superiores a  $150^\circ$ , valor que representa o limiar dos ângulos que é possível atingir com um hidrófugo numa superfície lisa [60]. Como o ângulo de contacto estático atingido na superfície das folhas de Lotus é superior a  $150^\circ$ , tal só é possível com a presença de rugosidade microscópica na superfície. O desafio é conseguir replicar as micro e nanoestruturas presentes nas plantas, nas superfícies a que se pretenda atribuir capacidades superhidrofóbicas e, conseqüentemente, de autolimpeza.

É possível criar **superfícies superhidrófugas** com o efeito Lotus através da aplicação de emulsões de siloxanos com uma microestrutura integrada ou com estrutura hierárquica. Contudo, estes métodos implicam a criação de microrugosidades no estado fresco das argamassas, pelo que a sua aplicação a estruturas existentes é de grande dificuldade [97].

O desenvolvimento de uma tecnologia que permita a criação destas micro e nanoestruturas em superfícies existentes está em desenvolvimento, mas o alto custo, dificuldade em obter resultados consistentes e condições



particulares de aplicação, continuam a ser limitativos para que se chegue a um produto viável de fácil aplicação *in situ* [97,98]. Os métodos em estudo incluem a aplicação à superfície de, geralmente, nanosílica em várias formas, como cinzas de casca de arroz [99] que, com a aplicação de emulsões de siloxanos, permitem a criação das micro e nanoestruturas necessárias para que a eficácia dos hidrófugos aumente consideravelmente, e assim se atinga a superhidrofobicidade, e consequentemente uma superfície autolimpante.

A dificuldade em produzir produtos autolimpantes está directamente relacionada com o problema em garantir a formação nas superfícies de microrugosidades que permitam ângulos de contacto aparente superiores a 150°. No entanto, em superfícies verticais, produtos com ângulos inferiores podem atingir o mesmo fim, pelo que algumas tintas bem como alguns hidrófugos enunciam essa capacidade.

### 3.3.5 Multifuncionais

Produtos multifuncionais são, como a denominação indica, produtos que têm mais do que uma função em simultâneo. Esta pode ser uma definição algo geral, principalmente porque produtos como os hidrófugos servem mais funções do que somente a resistência à água, mas essas capacidades são função da sua capacidade hidrófuga, como por exemplo o facto de uma superfície hidrofugada ter menor bioreceptividade.

Portanto, nesta secção, consideram-se produtos que têm capacidades distintas, por mecanismos distintos, como é o caso dos fotocatalisadores, que apresentam capacidades biocidas e de autolimpeza, funções que se complementam, mas não são co-dependentes.

As plantas verdes usam a melhor reacção fotocatalítica conhecida do Homem – a fotossíntese – uma reacção química baseada na decomposição de moléculas de água, onde o oxigénio é libertado e coenzimas reduzidas são formadas, as quais então reduzem dióxido de carbono em carboidratos. Estes produtos têm dois propósitos: a construção da estrutura da planta (celulose) e da sua fonte de energia (amidos). Este é o mecanismo base responsável por toda a vida complexa na Terra, directa ou indirectamente [100]. A utilização de **fotocatalisadores** como produtos de autolimpeza e biocidas é aceite, principalmente do dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), dado ser um produto relativamente barato, “amigo” do ambiente, fácil de aplicar e eficaz [101–103].

O **dióxido de titânio** é usado como pigmento branco desde tempos imemoriais [103]. A sua utilização como pigmento deve-se a não ter qualquer absorção de radiação no espectro visível, o que, aliado ao seu baixo preço e estabilidade química, tem como consequência o seu uso alargado [103].

Apesar da sua estabilidade química, o dióxido de titânio só mantém a sua estrutura em condições de baixa luminosidade. Quando exposto a radiação UV, altera-se. Era historicamente conhecido que tintas com este pigmento delapidavam, e tecidos se degradavam [103].

A oxidação fotocatalítica tem sido intensamente estudada para remover poluentes químicos e biológicos. O dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), tem baixa toxicidade para mamíferos, não é volátil, e é ambientalmente benigno [103,104]. Os estudos têm demonstrado capacidades não só de desinfecção de microorganismos como também de decomposição de COVs e de odores [104].

Em relação a microorganismos, a capacidade de desinfecção contra bactérias do dióxido de titânio é reconhecida. Contudo, contra fungos, a sua capacidade de desinfecção não é total, não sendo a reacção fotocatalítica totalmente eficaz a eliminar estes microorganismos. No entanto, não deixa que estes se propaguem [104].

O dióxido de titânio, cristaliza em três polimorfos: anatase, rutilo e brookite [101,103]. Tanto a fase anatase como a brookite, quando expostas a temperaturas na ordem de 700-900°C, se transformam em rutilo [105]. Destas, a anatase e a brookite são as mais activas do ponto de vista fotocatalítico [106]. Mas, dada a dificuldade de sintetizar a forma cristalina brookite, existe ainda pouco conhecimento das suas reais capacidades [101]. Contudo, a forma cristalina do dióxido de titânio, é apenas um dos factores que influenciam a capacidade fotocatalítica do produto a aplicar, já que factores como a superfície específica e o tamanho das partículas também influenciam o resultado final [107]. As formulações com anatase e tipo P-25 (relação

anatase:rutile=7:3) [101] são as que apresentam melhor capacidade fotocatalítica conhecida [101–103], portanto são as mais comuns no mercado.

Os fotocatalisadores actuam de duas formas diferentes:

- Criando uma superfície superhidrofílica quando expostos a radiação ultravioleta (UV);
- Tornando-se hidrofóbicos na ausência de radiação UV;
- Quimicamente, degradando moléculas orgânicas que aderem à superfície.

Os produtos de autolimpeza baseados em fotocatalisadores apresentam outras capacidades de filtragem de ar e de decomposição de moléculas orgânicas e inorgânicas associadas à poluição urbana que, para além de prejudiciais à saúde, se depõem na superfície dos edifícios, causando manchas [108]. Esta capacidade, para além de eliminar manchas directamente relacionadas com a deposição destes poluentes, tem também, tal como já descrito, a mais valia de degradar e eliminar moléculas que poderiam, de outra forma, servirem para a fixação de microorganismos, diminuindo assim, a bioreceptividade da superfície.

Neste momento estão a ser estudadas formas de melhorar as capacidades de fotocatalização e de fixação do dióxido de titânio, como o *doping*, através da combinação deste com: partículas de ouro (Au), para melhorar a fotocatalização [108]; e/ou com dióxido de sílica (SiO<sub>2</sub>), para melhorar a adesão às superfícies [108–110]. Existem ainda estudos em que se pretende modificar os efeitos da capacidade de molhagem com diferentes exposições a radiação UV, através da modificação física das superfícies, que permita a implementação de micro/nanoestruturas hierárquicas nas partículas de TiO<sub>2</sub> que permitam gerar superfícies superhidrófugas na ausência de radiação UV [111]

O **mecanismo de fotocatalização** consiste na descrição que se segue. Na presença de radiação com a energia correcta (quando a energia da radiação é superior à banda de energia do material), um electrão é excitado da banda de valência de TiO<sub>2</sub> para a banda de condução, gerando uma lacuna na banda de valência [112,113]. O electrão fotoexcitado pode então recombinar-se com a lacuna e reduzir a eficácia geral do fotoprocesso produzindo calor. Os transportadores de carga, que conseguem escapar à reacção de aniquilação, migram para a superfície onde os electrões fotoexcitados podem reduzir oxigénio atmosférico para gerar radicais de superóxido (\*O<sub>2</sub><sup>-</sup>) ou radicais de hidroperóxido (HO<sub>2</sub>\*) [114]. A lacuna da banda de valência pode também oxidar água adsorvida ou OH<sup>-</sup> e produzir \*OH. Estas espécies de oxigénio reactivo podem converter poluentes orgânicos em CO<sub>2</sub> e água, resultando na limpeza da superfície [100,113,115,116].

O mecanismo que torna as superfícies revestidas com dióxido de titânio superhidrofílicas, através da exposição a radiação UV, não é totalmente conhecido, contudo, é aceite que as lacunas formadas por excitação de um electrão sejam consumidas em reacções com moléculas orgânicas ou de água adsorvidas, produzindo radicais \*OH. Contudo, uma pequena proporção de lacunas fica presa pelos átomos de oxigénio, podendo reagir directamente com TiO<sub>2</sub>, diminuindo a força das ligações da estrutura titânio – oxigénio, podendo então, moléculas de água interromper estas ligações, formando novos grupos *hidroxyl*. Os grupos OH produzidos pela radiação UV são termodinamicamente menos estáveis e têm alta energia superficial, o que leva à formação da superfície superhidrofílica [117].

A capacidade do dióxido de titânio em tornar a superfície em superhidrofílica é de grande importância, pois permite a formação de uma película de água contínua e de baixa espessura em toda a superfície, mesmo na presença de uma baixa quantidade de água, que facilita a formação dos radicais superóxidos e hidroperóxidos e, portanto, a decomposição de poluentes em dióxido de carbono e água [100,105,113,117,118]. Este mecanismo pode ser graficamente visualizado na Figura 3.6 [105].

A capacidade de autolimpeza vem da sinergia entre a fotocatalização e a capacidade de tornar a superfície superhidrofílica [119]. Por um lado, a fotocatalização permite a formação dos radicais que decompõem os poluentes e permite a que a superfície se torne superhidrofílica. Por outro, quando a superfície se torna superhidrofílica, na presença de uma pequena quantidade de água, permite a formação de um filme contínuo de água na superfície que dificulta a adesão dos poluentes, e facilita o seu escoamento [115].

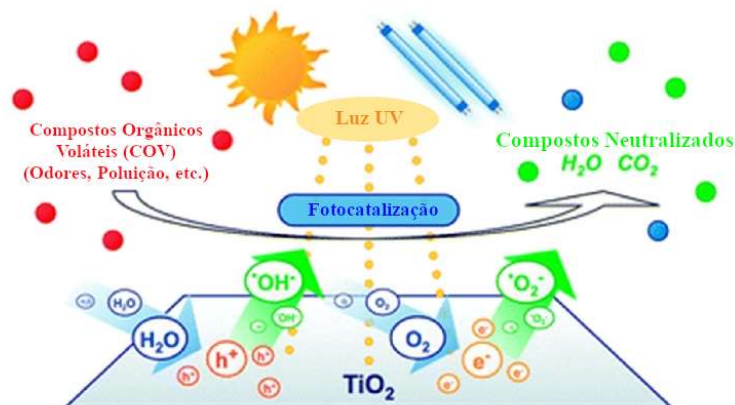


Figura 3.6 - Mecanismo de degradação de compostos pelo dióxido de titânio (Adaptado de [105])

De notar que a capacidade de autolimpeza do dióxido de titânio diminui consideravelmente a bioreceptividade da superfície, dado que os nutrientes necessários à vida microbial, na forma de sujidade nas superfícies, tendem a ser eliminados por este mecanismo [120].

Quanto à durabilidade destas soluções, crê-se ser boa. Dada a estabilidade química e dado que a reacção fotocatalítica não consome o dióxido de titânio. A reacção dá-se pela alteração de forma desta molécula, conforma a exposição à radiação UV, e não pelo seu consumo.

Os estudos à volta do dióxido de titânio têm sido intensivos dado o seu potencial de autolimpeza e biocida, aliado à disponibilidade de produto, baixo preço, estabilidade química e toxicidade baixa ou até mesmo inexistente [93,106,113,121]. No entanto existem problemas, como a dificuldade de adesão a superfícies já existentes, a possibilidade de dissolução e lixiviação pela chuva, a perda de eficácia aquando da deposição de cristais na superfície que impeçam a reacção fotocatalítica e o facto de esta reacção só se dar numa banda muito específica da radiação solar (aproximadamente 3% da radiação), o que implica que esta reacção só é eficaz em fachadas expostas directamente à luz solar. Estas desvantagens carecem de investigação e resolução para que esta tecnologia se torne tão eficaz e eficiente quanto possível.

Das soluções em estudo e em aplicação, existem duas que se destacam: o *doping*, que consiste em adicionar adjuvantes que melhoram as características do dióxido de titânio, e a manipulação das partículas de dióxido de titânio através da criação de nanoestruturas.

Para além do dióxido de titânio, existem outros produtos multifuncionais, como as tintas, ou revestimentos do mesmo tipo sem pigmento. Estes produtos podem apresentar uma hidrofobicidade suficientemente alta que permita a autolimpeza e, ao mesmo tempo, ter aditivos biocidas na sua formulação, que tornem estes revestimentos também biocidas.

### 3.4 Mercado e análise

Esta dissertação foca-se em produtos de protecção disponíveis no mercado de cada uma das categorias já referidas neste Capítulo (acabamentos de ETICS, hidrófugos, biocidas, anti-*graffiti*, autolimpeza e multifuncionais). Para tal, foi efectuada uma pesquisa para cada produto de protecção, as quais são sintetizadas em tabelas categoria.

A pesquisa foi efectuada identificando, para cada tipo de produto, os fabricantes e/ou distribuidores activos em Portugal. Foram ainda identificados produtos disponíveis no mercado Europeu com possibilidade de importação para Portugal, em Abril de 2020.

Salvo os acabamentos de ETICS, cuja informação está sintetizada na ATE (Avaliação Técnica Europeia), todos os restantes produtos foram procurados por termos que descrevem a sua função e/ou a sua formulação nos sítios da *internet* de empresas que trabalham no ramo dos revestimentos. Foram então listados os produtos disponíveis, assim como as suas Fichas Técnicas (FT) e Fichas de Dados de Segurança (FDS), que definem as características dos produtos e contêm informação fundamental para esta dissertação.

### 3.4.1 Acabamentos de ETICS

As ATE podem ser consultadas no *site* do LNEC [122], e nestes documentos podem ser consultados os acabamentos disponíveis para cada sistema homologado de ETICS. Para ETICS presentes no mercado português, mas cuja ATE não tenha sido obtida em Portugal, foi consultado o site da EOTA (*European Organization for Technical Assessment*) [123], onde estão listadas todas as ATE.

Os produtos de acabamento de ETICS estão listados no Anexo A.1, sendo definida a marca responsável pela distribuição em Portugal, seguida da denominação do sistema, subsistemas definidos na ATE e nome comercial do acabamento. Nas duas colunas seguintes apresentam-se as características relevantes constantes nas FT, FDS ou ATE (identificadas na coluna de “fontes”), definindo-se se o produto tem características hidrofóbicas (H), biocidas (B) ou de autolavagem (AL).

Segundo o Anexo A.1, os ETICS apresentados pelas nove marcas consideradas, que se dividem em doze sistemas, apresentam, na sua maioria, resistência à absorção de água, na forma de hidrófugos, e à biocolonização, na forma de biocidas, nos seus acabamentos. Destes, só um refere capacidade de autolimpeza.

Apesar de os acabamentos apresentarem já algumas características de protecção, será necessário realizar reaplicações durante a vida útil da construção, reforçando essas características e/ou introduzindo outras, conforme a durabilidade dos acabamentos e a envolvente do edifício. Por exemplo, numa zona citadina ou de subúrbio, em que os *graffiti* sejam um problema, será útil considerar a aplicação de uma protecção anti-*graffiti* no início da vida útil da construção. Em zonas particularmente susceptíveis à biocolonização, será necessário um reforço das características biocidas dos acabamentos, no momento da aplicação.

### 3.4.2 Hidrófugos

Os hidrófugos são o produto de protecção com maior presença no mercado. Destes, a quase totalidade tem como princípio activo uma formulação da família dos silicões, tal como se pode verificar pelo Anexo B.1, é identificada a marca, seguida do nome comercial do produto. Quando os documentos disponibilizados pelo fabricante contêm essa informação, é indicado o princípio activo e a base (quando aplicável). Para além desta informação, são indicadas características extra (se o produto apresenta características de biocida, anti-*graffiti* ou de autolimpeza). São ainda apresentadas as fontes da informação (FT e FDS) e também o mercado em que estão presentes (português – PT ou europeu – EU). Como já referido, a água é o principal agente de degradação da construção. Por isso, a utilização de produtos que evitem a absorção de água pelo substrato e, que possam até, evitar a acumulação de água à superfície, facilitando o escoamento das gotículas em superfícies verticais, não só minimiza a deposição de poluentes, como diminui a bioreceptividade das superfícies. Assim estas terão menos propensão ao aparecimento de manchas, tendo como origem a biocolonização ou de poluição, e é minimizada a degradação do substrato por acção directa da água. Aproximadamente 40% dos hidrófugos têm, ainda, base solvente. Dos 40 produtos recolhidos, o princípio activo de 31 é silano ou siloxano. E dos 38, cujo princípio activo é conhecido, só 2 não é de base silicóneo.

### 3.4.3 Biocidas

Existem no mercado alguns produtos identificados como biocidas. Contudo, devido à legislação europeia [124], que impede a aplicação de revestimentos puramente biocidas, e limita a utilização de produtos com estas características, estes dividem-se em dois grupos:

- Biocidas de lavagem;
- Aditivos biocidas.

Como o nome indica, os primeiros são produtos de lavagem para zonas já contaminadas, para utilização em manutenção ou para lavagem para preparação da superfície antes da aplicação de novos revestimentos. Os aditivos são produtos que têm como função atribuir capacidades biocidas a revestimentos, como tintas, não funcionando de forma autónoma. Podem também existir produtos que sirvam ambos os propósitos, podendo ser usados como aditivos quando adicionados a tintas, ou, em alternativa, usados como produtos de lavagem quando diluídos em água. Para além destes tipos, existe um exemplo de um biocida de preparação de superfície, que é uma variante de aditivo, sendo aplicado na superfície previamente à tinta. No Anexo B.2 podem ser consultados os biocidas presentes no mercado e a sua forma de acção.

A biocolonização de fachadas apresenta como problemas a degradação estética que as manchas criadas pelos colonizadores provocam, e o potencial de degradação do substrato. Portanto a utilização de acabamentos que dificultem a sobrevivência e propagação de agentes biológicos contribui directamente para a durabilidade dos revestimentos de fachada. Tal é conseguido pela aplicação inicial de tintas com capacidade biocida, ou, na manutenção do substrato, pela lavagem e consequente reaplicação de acabamentos e/ou produtos de protecção com capacidades de destruição de organismos microbianos.

#### **3.4.4 Anti-Graffiti**

Os *graffiti* são um problema na manutenção de fachadas em ambiente urbano, em zonas de acesso público. Em fachadas não protegidas com produtos anti-*graffiti*, a lavagem é difícil, cara e pode danificar o substrato. Por isso, a aplicação de produtos que permitam a lavagem de forma mais fácil e eficaz, não danificando o substrato, é importante, e deve ser considerada em meios problemáticos.

No Anexo B.3 estão listados produtos anti-*graffiti*, estando estes definidos pela marca seguida do nome comercial. Quanto ao tipo, os produtos são divididos quanto à sua forma de acção, sendo considerados os produtos de lavagem, e os de revestimento, com os segundos categorizados como já definido anteriormente.

Na coluna da durabilidade é indicado o número de lavagens ou o intervalo de tempo máximo antes de ser necessária a reaplicação do produto, para que a função anti-*graffiti* esteja assegurada. Na coluna seguinte é indicada a fonte da informação da durabilidade e do tipo de produto.

#### **3.4.5 Autolimpeza**

Tal como já referido, replicar o efeito de Lotus é muito complexo, dada a necessidade de garantir as nanoestruturas que permitem criar ângulos de contacto aparente (ACA) superiores a 150°. No entanto, os desenvolvimentos da nanotecnologia já permitem que existam no mercado, produtos com base na biomimetização. Contudo, tal como se pode ver pelo Anexo B.4, a maioria dos produtos consistem em hidrófugos aliados a oleofóbicos que evitam a adesão de partículas à superfície. Tal como nos restantes tipos de produtos, esta tabela identifica os produtos quanto ao seu produtor e nome comercial, definindo-se de seguida o seu tipo, segundo a forma de acção. Quando disponível, são ainda indicados os ângulos de contacto aparente (ACA)

#### **3.4.6 Multifuncionais**

Os produtos multifuncionais presentes no mercado dividem-se, essencialmente em dois grupos: membrana e fotocatalíticos. Os produtos do tipo membrana consistem num revestimento com características de hidrofugação tais, que permitem facilmente o rolamento de água superficial, dificultando assim a deposição de poluentes, ao que se acrescenta um aditivo biocida que dificulta a deposição e reprodução de qualquer organismo microscópico.

Os fotocatalíticos actuam tal como já referido, criando uma superfície superhidrofílica quando expostos a radiação UV, e hidrófuga quando não existe esta radiação. Portanto a hidrofugação não é aplicável. No Anexo B.5 são apresentados os vários multifuncionais presentes em mercado, bem como características importantes

### 3.5 Conclusão do capítulo

A durabilidade de uma construção está directamente relacionada com a sua protecção inicial e a sua correcta manutenção no tempo. Portanto, uma caracterização dos produtos de protecção e enumeração das suas características visa contribuir para que seja possível definir estratégias diferentes de acção inicial e consequente manutenção, com diferentes produtos, para que seja possível realizar as análises ACV, e assim, uma comparação entre diferentes procedimentos.

De todos os tipos de produtos apresentados (hidrófugos, biocidas, anti-*graffiti*, autolimpantes e multifuncionais), deve ter-se em consideração que não faz sentido a sua aplicação simultânea num ETICS, dadas as incompatibilidades inerentes entre eles (um hidrófugo interfere com o processo de fotocatalização do dióxido de titânio), ou até o facto de realizarem a mesma tarefa (um autolimpante será sempre hidrófugo, portanto não fará sentido a aplicação destes dois produtos em simultâneo).

Também a considerar, é o facto de que, em situações de reaplicação ou reforço de características de um produto de protecção, não se deverá utilizar produtos de base aquosa, quando a superfície é hidrófuga (mesmo que seja um reforço de hidrófugo), pois mesmo que a superfícies tenha perdido grande parte da sua resistência à água, a hidrofobicidade residual será o suficiente para que a reparação/reforço, seja ineficaz.

De todos os produtos referidos, na continuação deste trabalho, alguns serão descartados, por falta de informação, que permita o desenvolvimento deste estudo. A escolha dos produtos utilizados irá seguir metodologias que permita avaliar, de uma forma tão pragmática quanto possível, a qualidade dos dados de cada um dos produtos.

Deste ponto em diante, os produtos de autolimpeza serão considerados como multifuncionais pois não só a característica de autolimpeza permite que os produtos tenham várias características, como a presença em mercado deste tipo de produtos é reduzida, e só um será estudado no restante trabalho.

## Capítulo 4 ACV Ambiental de produtos de protecção

### 4.1 Introdução

A ACV começou por uma recolha de informação, cuja metodologia pode ser analisada em pormenor no Anexo D, onde o procedimento de recolha e tratamento de dados a partir das FT, FDS e ATE está descrito. Este procedimento foi criado para ser tão objectivo e pragmático quanto possível. No entanto, as diferenças significativas em termos de nível, tipo e até formatação da informação disponível nas FT (fichas técnicas) e FDS (fichas de dados de segurança) disponibilizadas por cada fabricante tiveram de ser tidas em conta, levando à necessidade de interpretação de alguns dados, o que terá influência nos resultados. Nos diferentes tipos de produtos (hidrófugos, biocidas, anti-graffiti, multifuncionais e acabamentos) houve diferentes desafios em relação à informação disponibilizada pelos vários fabricantes, tanto em quantidade como em qualidade. Neste capítulo são também apresentados os impactes nas categorias já descritas, bem como uma lista muito sucinta de constituintes. Nesta lista são apresentados os constituintes mais importantes em termos de percentagem do produto final, e também aqueles constituintes que, independentemente da sua quantidade (kg/kg de produto), sejam responsáveis por uma parte relevante do total dos impactes ambientais do produto.

É feita uma discussão dos resultados obtidos para cada tipo de produto com o objectivo de comparar diferentes subgrupos de produtos (por exemplo, produtos de base aquosa e solvente) e quais os constituintes com maior contribuição para os impactes ambientais.

#### 4.1.1 Nível de Qualidade da Informação - NQI

Para poder haver uma normalização dos dados, houve a necessidade de criar uma metodologia de atribuição do nível de qualidade da informação dos produtos, tão científica o quanto possível.

Este critério do nível de qualidade da informação, serve para eliminar os produtos cuja informação é, francamente, insuficiente para a análise pretendida.

Para este efeito, criou-se uma escala de zero a cinco, cujos critérios se encontram resumidos na Tabela 4.1, e onde se dividem os constituintes em três tipos:

- Globais – são constituintes que não se enquadram nas outras categorias, podendo ser enchimentos, estabilizadores, aromas, entre muito outros;
- P. activo, ou princípio activo – constituinte principal, que atribui as características ao produto;
- Base – é o meio de aplicação dos restantes constituintes, podendo ser aquosa ou solvente.

Tabela 4.1 - Critérios para determinar nível de qualidade da informação

NQI	Constituintes						
	Globais		P. Activo		Base		
	Id.	%	Id.	%	Tipo	Id.	%
0	Não	0%	Não	0%	Não	Não	0%
1	Parcial	0%	Não	0%	Não	Não	0%
2	Parcial	<10%	Parcial	0%	Não	Não	Ded.
3	Parcial	Ded.	Parcial	Ded.	Sim	Não	Ded.
4	Parcial	50%	Sim	100%	Sim	Parcial	Ded.
5	Sim	100%	Sim	100%	Sim	Sim	100%
Legenda:	Id. :	Identificação dos constituintes					
	Parcial :	Constituintes são identificados parcialmente					
	Ded. :	Percentagens são deduzíveis					
	Tipo :	É identificado se é de base solvente ou aquosa					

A partir desta qualificação, considera-se que somente os produtos com níveis de qualidade da informação (NQI) maiores ou iguais a três, têm informação suficiente para serem considerados na restante análise a efectuar. Neste ponto, há a referir os critérios que foram considerados para quando a informação é parcial ou dedutível.

A informação parcial que foi considerada nos níveis três a cinco foi a seguinte:

- i. Nos constituintes globais, nem todos os constituintes são listados na informação disponibilizada pelo fabricante e, quando são identificados sem serem atribuídas percentagens, é possível, nos níveis três e quatro, atribuir valores de percentagem, por semelhança a outros produtos de outras marcas, pois os constituintes globais são bastante recorrentes;
- ii. O princípio activo, em vários produtos, não é identificado na FDS (ficha de segurança). Portanto, com a excepção de algumas empresas que referem a percentagem de princípio activo na FT (ficha técnica), este só é normalmente identificado genericamente (ex.: nos hidrófugos, na FT, é comum ser identificado o princípio activo como silano e/ou siloxano). Nestes casos foi possível deduzir uma percentagem aproximada, tendo por base a comparação com produtos semelhantes;
- iii. No que à base diz respeito, primeiro é analisado o tipo, determinando-se se é possível deduzir-se se o produto é aquoso ou solvente. Esta determinação pode ser feita de forma explícita na FT e/ou na FDS, ou de forma implícita: na FT, através da possibilidade de diluições do produto ou dos métodos de lavagem do material; ou na FDS, através do ponto de combustão, emissão de gases nocivos, ou até da densidade do produto. No nível três não são identificados quaisquer constituintes que possam ser considerados solventes, mas a percentagem total de solvente é dedutível. No nível quatro são identificados alguns constituintes solventes, sendo a percentagem total de solvente dedutível.

De notar que a atribuição de cada nível segue uma lógica de mínimos, ou seja, para um produto ser de nível três tem de, no mínimo: identificar alguns constituintes globais, com percentagens dedutíveis, identificar uma parte do princípio activo com percentagem dedutível, saber-se o tipo de base e a percentagem desta ser dedutível. Se qualquer destes requisitos não for atingido, o produto desce de nível, sendo não considerado na análise.

A seguir a esta classificação, foram também eliminados produtos com falta de informação relativamente ao rendimento e/ou densidade, pois assim torna-se impossível a transformação de  $[l/m^2]$  para  $[kg/m^2]$ . Esta transformação é importante, pois a unidade funcional a considerar será o fabrico de cada material para revestir um metro quadrado, portanto, para os passos seguintes, será necessário transformar a informação retirada do *SimaPro*, da unidade declarada  $[kg^{-1}]$ , para a unidade funcional  $[m^{-2}]$ , o que só é possível, conhecendo o rendimento e densidade de cada produto. Todos os rendimentos já têm em consideração o número de demãos.

Por exemplo, um produto de NQI = 3, tem mais de 10% da sua formulação identificada, identificando alguns constituintes, seja em FDS ou FT. É conhecido o princípio activo (ou parte dele), e a percentagem pode ser deduzida, seja por aproximação a outros produtos, ou por dedução dos dados apresentados pela FT e/ou FDS. Sabe-se se a base é aquosa ou solvente e, no caso da última, pode ou não ser identificado o tipo de solvente, sendo as percentagens de água ou solvente deduzíveis.

#### 4.1.2 Nomenclatura dos produtos

Daqui em diante, os produtos não serão apresentados pela sua marca e/ou descrição comercial, mas sim por um código, sendo atribuída uma letra a cada fabricante, seguida de um número com dois dígitos por produto, seguida de um código entre parênteses rectos, relativo ao tipo de produto, com os seguintes significados:

- [HF] – Hidrófugo;
- [BC] – Biocida;
- [AG] – Anti-*graffiti*;
- [MF] – Multifuncional, incluindo autolimpantes;
- [TT] – Tinta;
- [BF] – Solução bifuncional (biocida + hidrófugo).
- [AE] – Acabamento de ETICS.



## 4.2 Avaliação do ciclo de vida

### 4.2.1 Metodologia

A metodologia a utilizar na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) será, resumindo, a seguinte:

- i. Atribuição de processos disponíveis em bases de dados de ACV a todos os constituintes;
- ii. Recolha da respectiva informação de impacte ambiental;
- iii. Transformação dos dados de impacte ambiental na unidade funcional;
- iv. Análise comparativa.

### 4.2.2 Atribuição de processos disponíveis no *SimaPro*

Após o levantamento de toda a informação disponibilizada pelos fabricantes, incluindo todos os constituintes nomeados explicita e implicitamente, foi necessário listar a totalidade dos constituintes que foram levantados até este ponto, numa só folha de *Excel*, totalizando 85 constituintes diferentes. Estes tiveram de ser investigados um a um quanto à sua natureza, função, nomenclaturas, família química, entre outros pontos, para que a pesquisa quanto aos impactes ambientais, nas bases de dados disponibilizadas pelo *SimaPro*, fosse possível. Cerca de 50% destes constituintes não têm processos (conjuntos de dados) correspondentes nestas bases de dados, pelo que foi necessário procurar por várias nomenclaturas diferentes, bem como por químicos ou produtos semelhantes, cujos impactes possam ser considerados semelhantes. Todo este trabalho foi feito com pesquisa exaustiva na *internet* nos *sites* do ECHA (European Chemicals Agency) [125] e da PubChem [126] onde, com o CAS de cada composto químico, foi possível aceder a várias nomenclaturas, bem como a químicos semelhantes aos químicos que dão origem aos que estão em estudo, entre outra informação relevante que ajudou à pesquisa e atribuição de processos.

Foram sempre considerados processos de mercado, se possível europeus, e correspondentes à base *Ecoinvent 3 Cut-off, S*, visto que, com este trabalho, não se pretende a construção de um modelo, mas a comparação dos vários produtos já modelados. Assim, optou-se, para este trabalho em particular, por um tipo de processo que apresenta resultados finais tipo “caixa-negra” e que não explicita todos os processos internos que foram utilizados para o cálculo dos impactes ambientais, tornando mais rápida a pesquisa e o cálculo, sem pôr em causa a qualidade dos dados. Sempre que possível, atribuíram-se processos que representam o produto em causa. No entanto, grande parte dos químicos que são constituintes dos produtos em estudo não têm processos equivalentes disponíveis em base de dados, pelo que a metodologia de pesquisa já apresentada foi essencial.

### 4.2.3 Informação de impacte ambiental

Para a comparação de impactes ambientais entre os vários produtos, foram considerados dois indicadores:

- *Abiotic Depletion Potential of Resources (fossil fuels)* – Potencial de Depleção Abiótica de Recursos (combustíveis fósseis) – ADP(ff) [MJ];
- *Global Warming Potential* – Potencial de Aquecimento Global (GWP100a) [kg CO<sub>2</sub> eq].

A escolha destes indicadores deve-se à agenda 2030 da União Europeia, onde são definidos objectivos de emissões de dióxido de carbono e dependência de combustíveis fósseis, no caminho para a neutralidade carbónica em 2050 [127,128]. Desta forma, é importante quantificar os impactes ambientais dos produtos em estudo, nas emissões equivalentes de CO<sub>2</sub> (GWP100a) e de consumo de combustíveis fósseis, em MJ (ADP(ff)).

O *software SimaPro* utilizado é utilizado na versão *Release 9.0.0.48 Multi user*. O método de cálculo utilizado, para a determinação dos impactes ambientais dos vários processos, foi o CML-IA *Baseline V3.05*. Esta metodologia foi desenvolvida pela Universidade de Leiden [129,130].

#### 4.2.3.1 Depleção abiótica de recursos (combustíveis fósseis) – ADP(ff)

Os ‘Recursos Abióticos’ são recursos naturais, não-vivos, como minério de ferro, óleo de crude ou energia de vento. Estes recursos podem ser, para o efeito da ACV, distinguidos em três tipos [131]:

- i. Depósitos – recursos não renováveis, como combustíveis fósseis, minerais, argila, entre outros;
- ii. Fundos – recursos que são renováveis em alguns anos, como água de aquíferos ou solos férteis;
- iii. Fluxos – recursos renováveis, como energia de vento ou solar.

Para este trabalho, considerou-se a depleção abiótica de recursos não renováveis, em particular, de combustíveis fósseis, como indicador.

Este indicador mede, em mega joule [MJ], a energia consumida, em cada processo, com origem em combustíveis fósseis.

#### 4.2.3.2 Potencial de aquecimento global – GWP100a

O indicador de potencial de aquecimento global caracteriza-se por quantificar, em quilogramas equivalentes de dióxido de carbono, as emissões associadas a cada processo, num horizonte de 100 anos.

Expressa-se em quilogramas equivalentes de dióxido de carbono e transforma os impactes de vários gases no impacte equivalente do dióxido de carbono. Por exemplo, o óxido de azoto tem um impacte, quilo por quilo, cerca de 3.000 vezes superior ao do dióxido de carbono [6], ou seja, uma grama de óxido de azoto tem o mesmo impacte que três quilogramas de dióxido de carbono. Portanto, neste indicador, um processo que tenha emissões de uma grama de óxido de azoto, terá um GWP100a de 3,0 [kg eq CO<sub>2</sub>].

#### 4.2.3.3 Unidade funcional

A informação disponível, para os indicadores ambientais escolhidos – ADP(ff) e GWP100a – é apresentada, no *software SimaPro*, em [MJ] e [kg eq CO<sub>2</sub>] respectivamente, na unidade declarada, ou seja, por quilograma de produto, para todos os constituintes investigados.

Contudo, para o trabalho em curso, a redução ao quilograma, apresenta problemas na comparação entre produtos, pois cada produto apresenta características como densidade e rendimento diferentes. Assim, um quilograma de um hidrófugo (por exemplo) pode não ser directamente comparável com um quilograma de outro hidrófugo. Então, a forma de resolver este problema, facilitando a comparação de diferentes produtos, foi a transformação dos impactes por quilograma para metro quadrado de superfície.

Desta forma, a unidade funcional neste trabalho é o fabrico de cada material para revestir um metro quadrado [m<sup>2</sup>] de parede, pelo que todos os valores de ADP(ff) e GWP100a são multiplicados por um rendimento, no formato [kg/m<sup>2</sup>], transformando assim os valores dos impactes ambientais da unidade declarada no *software* [kg<sup>-1</sup>], para a unidade necessária neste trabalho, [m<sup>-2</sup>], sendo assim possível realizar uma análise comparativa entre produtos.

#### 4.2.4 Levantamento e tratamento dos impactes dos produtos

À semelhança dos dados retirados da informação disponibilizada pelos fabricantes em FT e FDS, foi necessário construir uma metodologia para o levantamento e tratamento dos dados de impacte ambiental.

Estes dados, ao contrário dos dados disponibilizados pelos fabricantes dos produtos, tiveram a sua origem numa só fonte, o *software SimaPro*. Este *software* utiliza várias bases de dados onde constam os ICV (Inventário do Ciclo de Vida) dos mais variados produtos, processos, componentes, químicos, *etc.*, sendo possível calcular os respectivos impactes usando vários métodos. A metodologia utilizada para recolha e tratamento dos dados ambientais está descrita no Anexo C.

Apesar desta metodologia ser possível de aplicar a grande parte dos produtos, os biocidas, em particular, necessitaram de adaptação. Este grupo de produtos tem a particularidade de não ser um produto final, mas sim

um aditivo (com a excepção de um produto). A sua aplicação é em percentagem do revestimento aplicado, ou seja, o seu rendimento depende, directamente, do rendimento da tinta ou acabamento de ETICS em que é incorporado. Portanto, foi necessário calcular a média dos rendimentos dos acabamentos de ETICS, para calcular os impactes de cada biocida, com base nesse valor e na percentagem de biocida a adicionar a estes acabamentos. Este procedimento será descrito mais à frente neste capítulo.

## 4.3 Apresentação e discussão de resultados

De seguida são apresentados os resultados obtidos para os impactes ambientais dos vários produtos. Estes resultados são apresentados por tipo de produto de protecção, e na forma de tabelas e gráficos. Em cada categoria são expostas as considerações e decisões tomadas na escolha, cálculo e representação dos dados. Em todas as tabelas é apresentada a informação relevante para cada categoria, incluindo o nível de informação, determinado de acordo com a metodologia já descrita.

Os produtos com o prefixo “Z”, são produtos tipo, que representam médias das categorias onde estão inseridos. Estes valores médios são usados como representativos dos vários tipos de produtos, para ser possível uma comparação entre as várias soluções.

### 4.3.1 Hidrófugos

#### 4.3.1.1 Apresentação de resultados

Os hidrófugos são a categoria individual mais representada, tendo sido estudados 31 produtos, de 9 fabricantes diferentes. No entanto, pelo critério de nível de qualidade da informação, foram descartados 8 produtos, tendo sido considerados 25 produtos.

Os hidrófugos continuam a ser uma categoria de produtos em que a base solvente ainda representa uma quota considerável de mercado. Neste estudo, do total de 26 produtos, 3 ( $\approx 12\%$ ) são comercializados em formulação 100% princípio activo, 12 ( $\approx 46\%$ ) são de base aquosa e 11 ( $\approx 42\%$ ) são de base solvente.

Como se verifica pela Figura 4.1, os impactes de produtos com base solvente são consideravelmente, superiores aos de base aquosa, pelo que se tomou a decisão de os dividir em dois grupos (hidrófugos de base aquosa e de base solvente), para que a leitura gráfica seja mais fácil.

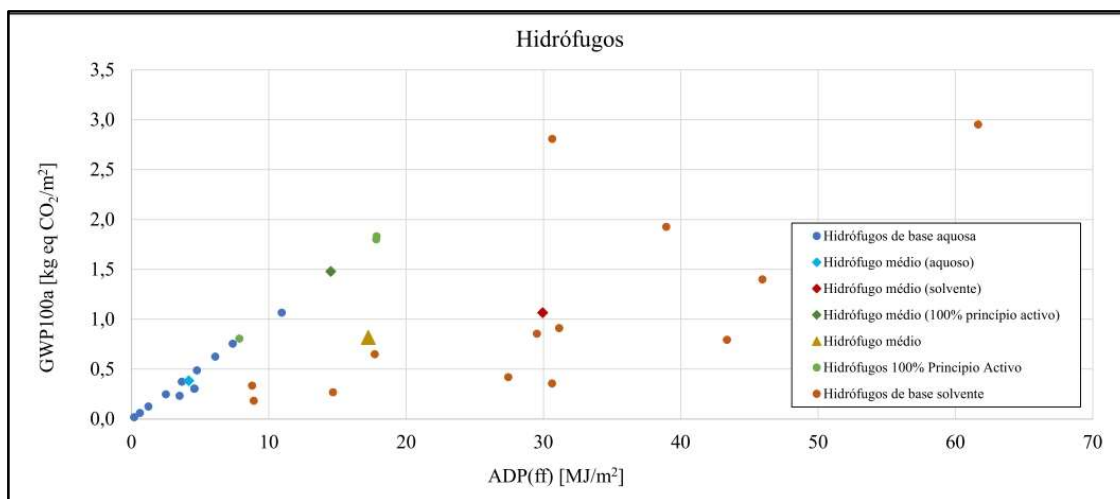


Figura 4.1 - Representação gráfica dos impactes ambientais de hidrófugos em ADP(ff) e GWP100a

Nos hidrófugos de base aquosa, como se pode verificar pela Tabela 4.2, foram considerados 12 produtos com informação suficiente para análise. A estes adicionaram-se dois produtos tipo, Z01[HF] e Z03[HF], que

representam valores médios. Z01[HF] é a média destes 12 hidrófugos de base aquosa e Z03[HF] representa a média de todos os 25 produtos hidrófugos considerados no trabalho, de base solvente e aquosa.

São também apresentados desde já os produtos hidrófugos com 100% princípio activo na Tabela 4.3. Estes, pelo seu baixo número, serão tratados daqui em diante em conjunto com os hidrófugos de base aquosa, nomeadamente na sua representação gráfica na Figura 4.2

A introdução de Z03[HF] nestas tabelas tem a função de servir de ponto de comparação entre os valores dos hidrófugos de base aquosa, 100% princípio activo e de base solvente, existindo assim um ponto em comum nos dois gráficos que sairão deste tipo de produtos. Como observável na Tabela 4.2, Z03[HF] tem um valor consideravelmente diferente aos restantes valores.

**Tabela 4.2 - Impactes ambientais de hidrófugos de base aquosa**

<b>Hidrófugos de base aquosa</b>			
<b>Produto</b>	<b>ADP(ff)</b>	<b>GWP100a</b>	<b>NQI</b>
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
<b>A01[HF]</b>	2,505	0,248	4
<b>D10[HF]</b>	7,367	0,756	5
<b>D11[HF]</b>	4,577	0,305	5
<b>D12[HF]</b>	4,577	0,305	5
<b>D14[HF]</b>	0,608	0,062	5
<b>F01[HF]</b>	0,186	0,019	5
<b>H01[HF]</b>	3,505	0,234	3
<b>M01[HF]</b>	10,940	1,067	3
<b>N01[HF]</b>	1,229	0,126	4
<b>N02[HF]</b>	3,658	0,375	5
<b>N05[HF]</b>	4,761	0,489	4
<b>P01[HF]</b>	6,100	0,626	4
<b>Z01[HF]</b>	4,168	0,384	NA
<b>Z03[HF]</b>	17,245	0,819	NA

**Tabela 4.3 - Impactes ambientais de hidrófugos 100% princípio activo**

<b>Hidrófugos 100% princípio activo</b>			
<b>Produto</b>	<b>ADP(ff)</b>	<b>GWP100a</b>	<b>NQI</b>
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
<b>D01[HF]</b>	17,827	1,802	4
<b>D02[HF]</b>	17,850	1,833	5
<b>D09[HF]</b>	7,854	0,807	5
<b>Z10[HF]</b>	14,510	1,480	NA
<b>Z03[HF]</b>	17,245	0,820	NA

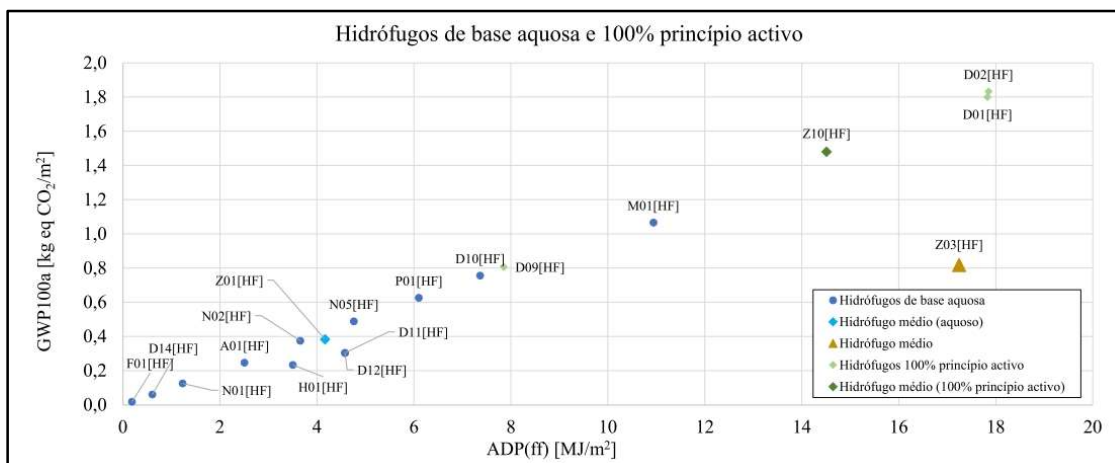
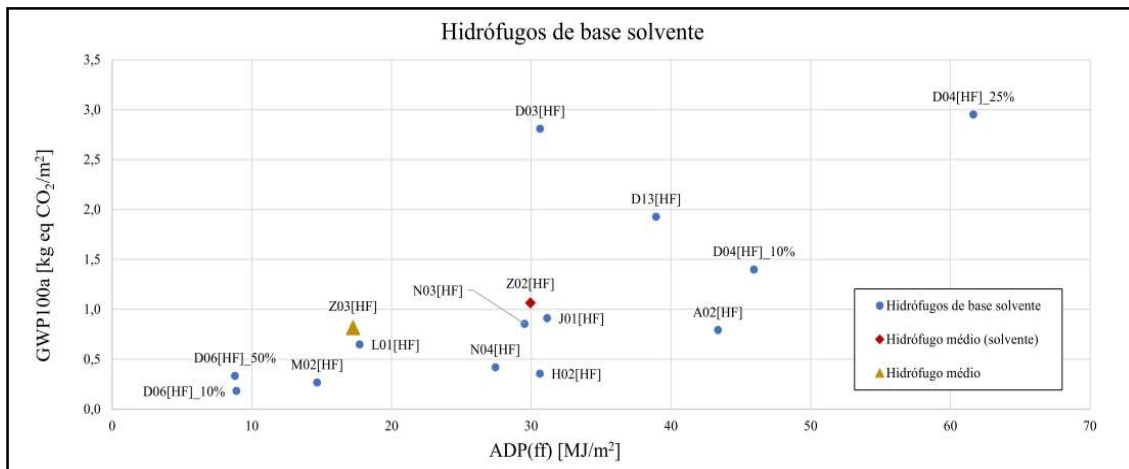


Figura 4.2 - Representação gráfica dos valores de GWP100a e ADP(ff) de hidrófulgos de base aquosa e com 100% de princípio activo

Relativamente aos hidrófulgos de base solvente, tal como consta da Tabela 4.4, foram considerados 11 produtos. Dois destes foram duplicados devido aos seus intervalos de diluição, para ser possível estudar e comparar os impactes ambientais da utilização de uma diluição mais ou menos concentrada de produto. À semelhança da Tabela 4.2, consideram-se dois produtos tipo: Z02[HF], que representa a média destes 14 hidrófulgos solventes; e Z03[HF], já representado anteriormente, que representa a média dos 25 hidrófulgos que foram estudados, e que têm informação relevante.

Tabela 4.4 - Impactes ambientais de hidrófulgos de base solvente

Hidrófulgos de base solvente			
Produto	ADP(ff)	GWP100a	NQI
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
A02[HF]	43,362	0,794	4
D03[HF]	30,632	2,810	3
D04[HF]_25%	61,649	2,953	4
D04[HF]_10%	45,940	1,401	4
D06[HF]_50%	8,783	0,335	5
D06[HF]_10%	8,897	0,184	5
D13[HF]	38,941	1,929	5
H02[HF]	30,623	0,358	4
J01[HF]	31,140	0,913	4
L01[HF]	17,714	0,650	5
M02[HF]	14,671	0,269	3
N03[HF]	29,519	0,857	4
N04[HF]	27,431	0,420	4
Z02[HF]	29,946	1,067	NA
Z03[HF]	17,245	0,819	NA



**Figura 4.3 - Representação gráfica dos impactos ambientais de hidrôfugos de base solvente**

Na Tabela 4.5 e na Tabela 4.6, são apresentados, por produto, os constituintes mais relevantes seja por serem princípios activos, a base, ou algum constituinte que represente uma proporção elevada do produto, ou dos impactos ambientais deste.

Os dados apresentados nestas tabelas são: os CAS (*Chemicals Abstracts Agency*) e/ou outra referência quando disponível, a descrição do constituinte e a sua proporção. Esta informação foi recolhida das FT ou FDS de cada produto.

É também apresentado o processo *SimaPro* considerado no cálculo, bem como a percentagem do impacto de cada constituinte face ao impacto total de cada produto. Serve este ponto para uma comparação entre a percentagem de incorporação de um constituinte e a percentagem do seu impacto, em cada produto.

As percentagens foram calculadas na unidade declarada [ $\text{kg}^{-1}$ ] pois o objectivo é comparar impactos de cada constituinte no produto, e não de cada constituinte na aplicação final, que implicaria o cálculo na unidade funcional [ $\text{m}^{-2}$ ].

Os produtos com 100% de principio activo, foram introduzidos na Tabela 4.5 devido à contribuição da água para o impacto ambiental ser praticamente irrelevante. Assim, considerou-se que estes produtos são mais comparáveis com os de base aquosa do que com os de base solvente, e criar uma categoria própria não traria vantagens do ponto de vista da análise.

Como é possível verificar pela Tabela 4.5, os processos *SimaPro* não correspondem perfeitamente aos constituintes declarados pelos vários produtores. Isso é claro, por exemplo, no caso dos silanos cujo CAS é conhecido ou a FT declara qual o tipo de silano utilizado.

Apesar de estes serem tipos de silano diferentes, o processo *SimaPro* utilizado para qualquer silano é sempre o mesmo ("*dimethyldichlorosilane {GLO} market for | Cut-off, S*") dado ser o único disponível nas bases de dados.

**Tabela 4.5 - Constituintes mais relevantes para análise de cada hidrófugo de base aquosa**

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
A01[HF]	Silano	4,6%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	26,9%	27,9%
	Siloxano	4,6%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	73,1%	72,1%
	Água	90,9%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
D01[HF]	Aquiltrietoxisilano	98,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	98,1%	99,7%
D02[HF]	Aquiltrietoxisilano	100,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	100,0%	100,0%
D09[HF]	Trietoxiisobutilsilano	100,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	100,0%	100,0%
D10[HF]	Trietoxi(octil)silano	12,5%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	100,0%	100,0%
	Água	87,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
D11[HF]	Comp. Silício	10,0%	<i>Silicone product {RER}</i>	98,2%	98,9%
	Água	89,9%	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%
D12[HF]	Comp. Silício	10,0%	<i>Silicone product {RER}</i>	98,2%	98,9%
	Água	0,899	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%
D14[HF]	Propilsilanotriolato 3K	2,4%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	95,1%	96,0%
	Água	97,4%	<i>Tap water {RER}</i>	0,3%	0,0%
F01[HF]	Trietoxioctilsilano	2,5%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	99,7%	99,8%
	Água	97,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,3%	0,2%
H01[HF]	Silicone	15,0%	<i>Silicone product {RER}</i>	97,4%	97,8%
	Água	84,8%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,1%
M01[HF]	Siloxano	13,5%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	100,0%	100,0%
	Água	86,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
N01[HF]	Metilsilanotriolato K	10,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	99,9%	99,9%
	Água	90,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%
N02[HF]	Trietoxioctilsilano	10,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	99,8%	99,9%
	Água	90,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%
N05[HF]	Silano	20,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	100,0%	100,0%
	Água	80,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
P01[HF]	Trietoxioctilsilano	5,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	99,9%	99,9%
	Água	95,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%

**Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de " | market for | Cut-off, S"**

Na Tabela 4.6 são apresentados os mesmos dados que na Tabela 4.5, mas para produtos com base solvente. Neste caso houve a necessidade de, em dois produtos, apresentar duas diluições distintas, nos extremos daquilo que é prescrito pelo fabricante pois, ao contrário dos produtos de base aquosa (para os quais na mesma situação foi sempre apresentada a maior concentração de princípio activo, que é sempre a situação mais desfavorável ambientalmente), a diluição com impactes ambientais mais desfavoráveis não é, imediatamente, óbvia.

Os produtos D04[HF] e D06[HF] apresentam duas formas, que consistem na máxima e mínima diluição de cada um. Por exemplo, D04[HF]\_25% consiste em 25% de D04[HF] e 75% do solvente indicado, neste caso, “white spirits”.

Tabela 4.6 - Componentes mais relevantes para análise de cada hidrófugo de base solvente

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
A02[HF]	Silicone	5,9%	<i>Silicone product {RER}</i>	4,9%	17,8%
	Solvente	94,1%	<i>Solvent, organic {GLO}</i>	95,1%	82,2%
D03[HF]	Etanol	75,0%	<i>Ethanol, 95%, f/ ferm. {RER}</i>	69,4%	77,6%
	Comp. de Silicio	20,0%	<i>Silicone product {RER}</i>	24,5%	17,9%
D04[HF]_25%	Silano	12,4%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	10,2%	22,0%
	Siloxano	12,4%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	27,9%	56,8%
	<i>White spirits</i>	75,0%	<i>White spirit {GLO}</i>	61,8%	21,1%
D04[HF]_10%	Silano	5,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	4,1%	8,8%
	Siloxano	5,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	11,2%	22,7%
	<i>White spirits</i>	90,0%	<i>White spirit {GLO}</i>	74,1%	25,4%
D06[HF]_50%	Aquiltrietoxisilano	25,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	25,4%	68,3%
	<i>White spirits</i>	50,0%	<i>White spirit {GLO}</i>	50,8%	21,8%
D06[HF]_10%	Aquiltrietoxisilano	5,0%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	5,1%	13,7%
	<i>White spirits</i>	90,0%	<i>White spirit {GLO}</i>	91,5%	39,3%
D13[HF]	Comp. de Silicio	70,0%	<i>Silicone product {RER}</i>	65,4%	88,6%
	Solvente	29,5%	<i>Solvent, organic {GLO}</i>	33,8%	10,8%
H02[HF]	Silicone	6,2%	<i>Silicone product {RER}</i>	5,4%	30,9%
	Nafta	93,8%	<i>Naphta {RER}</i>	94,6%	69,1%
J01[HF]	Resina Acrílica	43,0%	<i>Methyl acrylate {GLO}</i>	44,3%	70,0%
	Solvente	57,0%	<i>Solvent, organic {GLO}</i>	55,7%	30,0%
L01[HF]	Querosene	60,0%	<i>Kerosene {Europe w/o Switzerland}</i>	47,5%	12,7%
	Polissiloxano	10,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	24,1%	64,0%
N03[HF]	Nafta	80,6%	<i>Naphta {RER}</i>	70,9%	20,8%
	Silano	5,7%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	5,6%	19,9%
	Siloxano	5,7%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	15,4%	51,6%
N04[HF]	Nafta	85,6%	<i>Naphta {RER}</i>	82,1%	45,7%
	Hidro-óleo	3,4%	<i>Process isocyanate+polyol</i>	5,8%	22,2%

Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de "| market for | Cut-off, S"

#### 4.3.1.2 Discussão de resultados

Como é observável pela Tabela 4.7, a média dos hidrófugos de base solvente (representada por Z02[HF]) tem valores de impacto ambiental, tanto em ADP(ff) como em GWP100a, francamente superiores aos da média dos hidrófugos de base aquosa (representada do Z01[HF]).

Tabela 4.7 - Relação entre impactos médios de produtos de base aquosa e de base solvente

Hidrófugo Tipo	ADP(ff)	GWP100a	GWP/ADP
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[%]
Z01[HF]	4,168	0,384	9,2%
Z02[HF]	29,632	1,296	4,4%
Z02[HF]/Z01[HF]	7,1x	3,4x	-



Em ADP(ff) o valor é 6,1 vezes superior, e em GWP100a, o valor é 2,4 vezes superior. Daqui, é possível concluir que, a base, é um factor fulcral, no impacte ambiental global, de um determinado produto.

Os hidrófugos de base aquosa apresentam uma relação quase linear entre os valores de ADP(ff) e GWP100a, com o valor de ADP(ff) a representar, cerca de 10%, do valor de GWP100a, para cada produto (embora em unidades diferentes). Esta relação nos hidrófugos de base solvente, não existe da mesma forma, com GWP100a a representar, em média, 4,4% de ADP(ff), mas com valores muito díspares entre produtos, como se pode verificar pela Figura 4.3, não seguindo a mesma tendência de correlação, como no caso dos hidrófugos aquosos. Contudo, como se tratam de índices diferentes, com diferentes unidades, esta relação serve somente como indicador gráfico de que existe uma diferença entre as bases aquosas e solventes, e sustenta a necessidade do cálculo destes dois indicadores, ADP(ff) e GWP100a, pois não existe a garantia que um produto que tenha um impacte ambiental em ADP(ff) muito elevado tenha também um impacte ambiental significativo em GWP100a, podendo levar a situações em que seja necessária uma análise sensibilidade, em que sejam atribuídos pesos às categorias de impacte ambiental descritas, para determinar a melhor solução. Se houvesse sempre linearidade entre ADP(ff) e GWP100a, esta análise seria desnecessária, e o cálculo de um deles seria suficiente.

Na Tabela 4.8 e na Tabela 4.9 são apresentados os impactes ambientais médios de cada constituinte apresentado na Tabela 4.5 e na Tabela 4.6. Estes constituintes são aqui apresentados em termos de percentagem média que representam dos produtos finais, bem como a sua contribuição nos impactes ambientais ADP(ff) e GWP100a, também em percentagem.

**Tabela 4.8 - Impactes dos constituintes de hidrófugos de base aquosa**

Constituintes		ADP(ff)	GWP100a
Descrição	% Média	% Média	% Média
Silano	8,37%	90,2%	90,4%
Siloxano	9,03%	86,5%	86,0%
Silicone	11,67%	97,9%	98,5%
Água	90,26%	0,1%	0,1%

Da Tabela 4.8 há a retirar que os princípios activos, sejam silanos, siloxanos ou resinas de silicone, têm todos impactes maiores do que a base aquosa. Portanto o factor determinante de impacte ambiental nos produtos de base aquosa é sempre o princípio activo, mesmo que represente apenas uma pequena percentagem do produto final.

Também de referir que os siloxanos têm um impacte ambiental kg/kg bastante superior aos silanos e às resinas de silicone (como se verá na Tabela 4.10). Como os produtos que utilizam silanos e siloxanos em base aquosa usam estes constituintes em proporções semelhantes, como verificável na Tabela 4.8, produtos que utilizam siloxano têm um impacte cerca de três vezes daqueles que utilizam silanos ou resinas de silicone.

**Tabela 4.9 - Impactes dos constituintes de hidrófugos de base solvente**

Constituintes		ADP(ff)	GWP100a	Constituintes		ADP(ff)	GWP100a
Descrição	% Média	% Média	% Média	Descrição	% Média	% Média	% Média
Silano	10,62%	10,1%	26,5%	Solvente	51,40%	61,5%	41,0%
Siloxano	8,28%	19,6%	48,8%	Etanol	75,00%	69,4%	77,6%
Silicone	21,42%	25,0%	38,8%	White spirits	76,25%	69,5%	26,9%
Resina acrílica	43,00%	44,3%	70,0%	Nafta	86,68%	82,5%	45,2%
Hidro-óleo	3,37%	5,8%	22,2%	Querosene	60,00%	47,5%	12,7%

Na Tabela 4.10 são apresentados os impactos ambientais, na unidade declarada, de todos os constituintes de hidrófugos considerados neste estudo.

**Tabela 4.10 - Impactes ambientais de casa constituinte considerado nos hidrófugos, na unidade declarada**

<b>Constituintes</b>	<b>ADP(ff)</b>	<b>GWP100a</b>	<b>Constituintes</b>	<b>ADP(ff)</b>	<b>GWP100a</b>
<b>Descrição</b>	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	<b>Descrição</b>	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]
<b>Silano</b>	59,500	6,110	<b>Solvente</b>	55,700	0,881
<b>Siloxano</b>	162,000	15,800	<b>Etanol</b>	34,400	3,530
<b>Silicone</b>	45,500	3,050	<b>White spirits</b>	59,500	0,976
<b>Resina acrílica</b>	58,800	2,720	<b>Nafta</b>	52,800	0,450
<b>Hidro-óleo</b>	94,300	5,545	<b>Querosene</b>	53,200	0,522

Comparando a Tabela 4.8 com a Tabela 4.9, e tendo em consideração a Tabela 4.10 é possível concluir que existem mais tipos de princípios activos em produtos de base solvente. Isto deve-se a que vários tipos de constituintes não são miscíveis em água, nem são eficazes em emulsões. Numa primeira análise da Tabela 4.10 é possível concluir que, também aqui, os siloxanos apresentam um impacto consideravelmente superior aos restantes, só o hidro-óleo apresentando um valor na mesma ordem de grandeza mas sendo, ainda assim, dois terços do valor do impacto dos siloxanos. No caso dos solventes, os impactos da base não são desprezáveis, como se pode verificar nesta mesma tabela. Ainda assim, os solventes mais relevantes apresentam um valor médio de ADP(ff) e GWP100a de, respectivamente, 51,12 MJ/kg e 1,272 kg eq CO<sub>2</sub>/kg que é, também, cerca de um terço do valor do impacto dos siloxanos, e semelhante aos silanos, resinas de silicone e resinas acrílicas, bem como cerca de metade do hidro-óleo.

No caso dos produtos de base solvente, a parte solvente do produto, é constituída por vários tipos de solvente. Na Tabela 4.9 são apresentados os constituintes mais relevantes, seja por constituírem uma parte considerável do produto final, ou por serem responsáveis por uma grande parte dos impactos ambientais.

Analisando a Tabela 4.6, é possível concluir que, ao contrário dos produtos de base aquosa, nos produtos de base solvente, a base é responsável por uma grande parte dos impactos ambientais, salvo em produtos como D06[HF], D13[HF] ou J01[HF] que têm concentrações de princípio activo excepcionalmente elevadas, pois estão formulados para diluições elevadas (neste trabalho, quando é anunciado pelo fabricante um intervalo de diluições possível, assumiu-se a maior concentração possível para os produtos de base aquosa, e apresentam-se os valores máximos e mínimos de diluição dos produtos de base solvente)

Comparando a Tabela 4.8 e a Tabela 4.9, é possível concluir que os produtos de base aquosa utilizam percentagens inferiores dos princípios activos que têm em comum:

- Silanos: 8,37% em base aquosa e 10,62% em base solvente;
- Siloxanos: 9,03% em base aquosa e 8,28% em base solvente;
- Resinas de silicone: 11,67% em base aquosa e 21,42% em base solvente.

Estas diferenças não representam o esperado teoricamente, dado que seria expectável que os produtos de base solvente apresentassem menor quantidade de princípio activo, devido ao poder de penetração e miscibilidade dos solventes, que levariam a que estes fossem mais eficazes na deposição dos princípios activos. Contudo, neste trabalho não é comparada a eficácia hidrófuga de cada produto, portanto não é garantido que produtos com o mesmo princípio activo em base aquosa e solvente tenham a mesma capacidade hidrófuga na superfície. Consequentemente, existe a possibilidade de os produtos com base solvente terem uma capacidade acrescida face aos de base aquosa, mas que os fabricantes optem por ter, na sua linha de produtos, um produto de base aquosa para soluções comuns, e um produto de base solvente com uma capacidade hidrófuga mais forte, para situações ambientalmente mais agressivas.

## 4.3.2 Biocidas

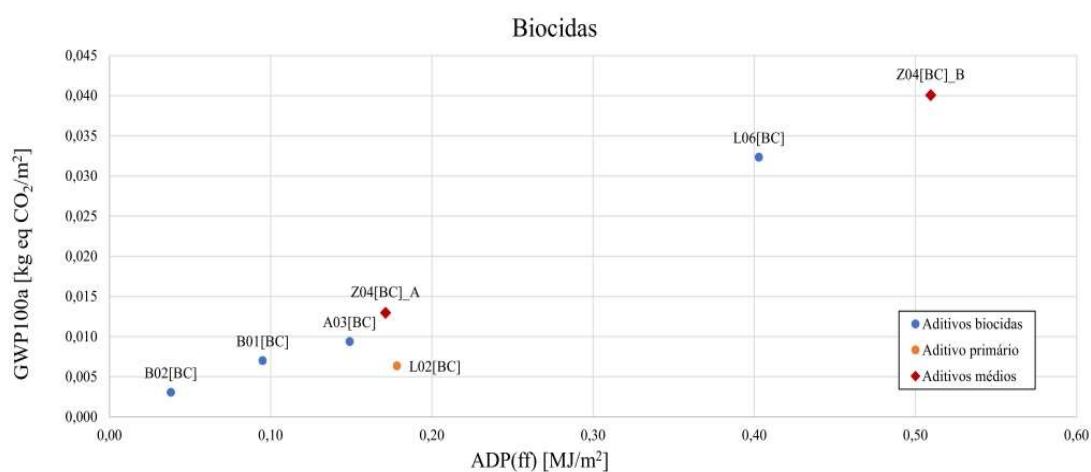
### 4.3.2.1 Apresentação de resultados

Nos produtos biocidas, foi recolhida informação de 10 produtos de 5 fabricantes diferentes. Destes, excluíram-se os produtos de limpeza, e os produtos cujo nível de informação era insuficiente, restando um total de 5 produtos com dados relevantes. Os dados são apresentados na Tabela 4.11.

**Tabela 4.11 - Informação de impacte ambiental de produtos biocidas**

Produto	ADP(ff)	GWP100a	NQI	Rendimento	Tipo
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]			
A03[BC]	0,149	0,009	3	5%	Aditivo
B01[BC]	0,095	0,007	3	3%	Aditivo
B02[BC]	0,038	0,003	3	10%	Aditivo
L02[BC]	0,178	0,006	4	8 m <sup>2</sup> /l	Primário
L06[BC]	0,403	0,032	4	1,25%	Aditivo
Z04[BC]_A	0,171	0,013	NA	NA	Aditivo
Z04[BC]_B	0,504	0,040	NA	5%	Aditivo
<b>Rendimento médio dos acabamentos</b>				1,04	l/m <sup>2</sup>

Na Figura 4.4 são apresentados, de forma gráfica, os impactes ambientais que constam da Tabela 4.11.



**Figura 4.4 - Representação gráfica dos impactes ambientais de biocidas**

Tal como nos hidrófugos, existe também um produto tipo, Z04[BC], que representa a média dos biocidas do tipo aditivo apresentados. Este produto é apresentado de duas formas diferentes. A primeira Z04[BC]\_A, foi calculada directamente através da média dos valores de impacte ambiental na unidade funcional (valores apresentados na Tabela 4.11 para A03[BC], B01[BC], B02[BC] e L06[BC]). A segunda Z04[BC]\_B, foi calculada através da média dos impactes ambientais na unidade declarada dos mesmos produtos, fazendo a transformação para a unidade funcional usando a média das densidades e rendimentos de cada acabamento de ETICS/Tinta considerado.

Todos estes produtos, com a excepção do L02[BC], são aditivos para tintas ou acabamentos de ETICS, pelo que é apresentado o rendimento em percentagem de acabamento. O produto L02[BC] deve ser utilizado como

primário, preparando a superfície para a aplicação de um acabamento, contudo, não invalida a necessidade de utilização de um aditivo biocida no acabamento a utilizar

Na Tabela 4.12 são apresentados os constituintes que representam, ou uma proporção significativa do produto final ou são responsáveis por uma parte considerável dos impactes ambientais em ADP(ff) e GWP100a.

**Tabela 4.12 - Componentes mais relevantes para análise de cada biocida**

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
A03[BC]	IPBC	1,0%	<i>Carbamate insect., at plant/RER</i>	21,9%	28,0%
	DCOIT	2,5%	<i>2,4-dichlorophenol {GLO}</i>	75,2%	68,3%
	Água	45,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,1%	0,1%
	Desconhecido	48,5%	<i>Desconhecido</i>	0,0%	0,0%
B01[BC]	Água	92,6%	<i>Tap water {RER}</i>	0,2%	0,2%
	Óxido de Zinco	5,0%	<i>Zinc oxide {GLO}</i>	26,0%	28,6%
	Terbutrine	1,0%	<i>Triazine-compound, unsp. {GLO}</i>	65,0%	64,4%
B02[BC]	Óxido de Zinco	0,8%	<i>Zinc oxide {GLO}</i>	26,3%	24,5%
	IPBC	0,3%	<i>Carbamate insect., at plant/RER</i>	52,1%	51,9%
L02[BC]	Água	98,8%	<i>Tap water {RER}</i>	1,3%	1,4%
	Propano-2-OL	2,5%	<i>Isopropanol {RER}</i>	99,7%	99,3%
	Água	95,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,3%	0,7%
L06[BC]	Diurão ISO	10,0%	<i>Diuron, at plant/RER</i>	82,3%	82,3%
	Água	77,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%

**Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de "| market for | Cut-off, S"**

Tal como no caso dos produtos hidrófugos, na Tabela 4.12 são apresentados os produtos biocidas considerados, os CAS, descrição e percentagem no produto final dos constituintes considerados, bem como o processo *SimaPro* que foi atribuído a cada produto e, finalmente, a percentagem de impacte ambiental do constituinte, face ao total de cada produto.

#### 4.3.2.2 Discussão de resultados

Como estes produtos são aplicados como aditivos em tintas e acabamentos de ETICS, o seu impacte depende, directamente, do rendimento do produto em que são usados como aditivo. Para este cálculo, como já explicado no ponto 4.2.4, foi assumido um rendimento médio para os acabamentos (1,04 l/m<sup>2</sup>), para se atingir o objectivo de obter impactes de GWP100a e ADP(ff) para a unidade funcional de [m<sup>2</sup>].

Dadas as baixas percentagens em que este tipo de produtos são utilizados, os seus impactes, para a unidade funcional, são também eles baixos, nestes indicadores ambientais.

A decisão em apresentar dois valores distintos, calculados por duas metodologias diferentes, para a determinação de um produto fictício aditivo médio, deve-se a que o NQI dos produtos é relativamente baixo. O produto com melhor informação é aquele que tem os impactes mais significativos (L06[BC]), mas que também é aplicado num acabamento na menor percentagem (1,25%). Portanto, se se admitir a média dos impactes na unidade declarada [kg<sup>-1</sup>], assumindo uma densidade média (como todos os produtos são aquosos, a densidade é semelhante em todos), e usando um rendimento médio de 5% (calculado aritmeticamente entre todos os biocidas), atingem-se impactes ambientais médios, superiores aos apresentados por qualquer dos produtos reais. Apesar de parecer paradoxal, este será o resultado que fará mais sentido entre os dois pois, o nível de qualidade

de informação é baixo nos produtos A03[BC], B02[BC] e B03[BC], e todos são utilizados em maior percentagem que L06[BC]. Portanto, um pequeno aumento nos impactes ambientais dos produtos com menos informação na unidade declarada, levará a um aumento substancial nos impactes na unidade funcional.

Portanto, em termos médios, os valores dos impactes na unidade declarada serão mais próximos da realidade, pois não dependem de uma diluição, cujo valor é variável. Assim, fazendo a transformação da média dos valores de impacte ambiental, na unidade declarada, usando uma diluição média (5%), para a unidade funcional, é eliminada a variação de diluição. Este será um valor mais relevante que, meramente, uma média aritmética dos valores de cada biocida, na unidade funcional.

Na Tabela 4.13 são apresentadas as percentagens de cada constituinte: no produto final; de contribuição de impacte em ADP(ff); de contribuição de impacte GWP100a.

**Tabela 4.13 - Impactes ambientais médios de cada constituinte de biocida**

Constituintes		ADP(ff)	GWP100a	Constituintes		ADP(ff)	GWP100a
Descrição	% Média	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	Descrição	% Média	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]
<b>IPBC</b>	0,7%	37,0%	40,0%	<b>Óxido de Zinco</b>	2,9%	26,1%	26,6%
<b>DCOIT</b>	2,5%	75,2%	68,3%	<b>Propano-2-OI</b>	2,5%	99,7%	99,3%
<b>Terbutrine</b>	1,0%	65,0%	64,4%	<b>Diurão ISO</b>	10,0%	82,3%	82,3%
<b>Água</b>	81,9%	0,4%	0,5%				

Tal como acontece nos hidrófugos, os grandes impactes ambientais advêm, também aqui, principalmente, dos princípios activos. Como se pode ver pela Tabela 4.13, por exemplo, o IPBC, que representa, em média 0,7% da constituição do produto, é responsável por impactes de aproximadamente 40% tanto em ADP(ff) como em GWP100a.

No caso dos produtos biocidas, é mais difícil chegar a conclusões finais pois a informação disponibilizada pelos fabricantes, devido a preocupações com propriedade intelectual é, francamente, insuficiente, como se pode ver, por exemplo, pelo produto A03[BC], em que 48,5% da formulação é desconhecida. Por esta razão, não foi possível deduzir quais seriam os constituintes que poderiam preencher esta lacuna. É razoável admitir que noutros fabricantes em que as percentagens de água sejam muito elevadas, como o produto B02[BC], com 98,8% de água, valor a que se chegou, através de dedução (100% (totalidade do produto) - 0,8% (ZnO) - 0,3% (IPBC) = 98,8% (que se assume ser água)), na realidade, existam outros constituintes não referidos nas FDS ou FT. No caso do produto A03[BC], a quantidade de água é referida na FDS, não tendo sido deduzido como em B02[BC]. De qualquer forma, estes produtos não foram eliminados pois, devido às restrições europeias quanto aos biocidas, estes são utilizados em baixas quantidades, pelo que 1,1% de princípio activo poderá ser uma formulação possível. Na Tabela 4.14 serão apresentados os impactes ambientais dos principais constituintes dos biocidas apresentados na Tabela 4.12.

**Tabela 4.14 - Impactes dos constituintes de biocidas**

Constituintes		ADP(ff)	GWP100a	Constituintes		ADP(ff)	GWP100a
Descrição	% Média	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	Descrição	% Média	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]
<b>IPBC</b>	0,7%	52,100	4,190	<b>Óxido de Zinco</b>	2,9%	10,500	0,790
<b>DCOIT</b>	2,5%	71,500	4,090	<b>Propano-2-OI</b>	2,5%	56,900	2,020
<b>Terbutrine</b>	1,0%	13,100	0,731	<b>Diurão ISO</b>	10,0%	243,000	19,500
<b>Água</b>	81,9%	0,004	4E-3				

Como se pode verificar na tabela acima, os constituintes activos são aplicados nos produtos em percentagens baixas, mas são, ainda assim, os responsáveis principais pelos impactes ambientais de cada produto.

### 4.3.3 Anti-Graffiti

#### 4.3.3.1 Apresentação de resultados

Foram estudados 22 produtos de protecção anti-graffiti, de 6 fabricantes diferentes. Destes, após retirados produtos com informação insuficiente, bem como produtos de limpeza, são apresentados resultados para 5 produtos, como se pode verificar na Tabela 4.15, e representados graficamente na Figura 4.5.

Tabela 4.15 - Impactes ambientais de produtos de protecção anti-graffiti

Produto	ADP(ff)	GWP100a	Tipo	NQI
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]		
C01[AG]	0,497	0,051	Semi-Permanente	3
C02[AG]	4,453	0,212	Permanente	4
F03[AG]	12,264	1,112	Permanente	4
L04[AG]	42,091	1,149	Permanente	3
Q08[AG]	8,076	0,116	Sacrificial	4
Z06[AG]	19,603	0,824	Permanente	-
Z07[AG]	13,476	0,528	-	-

Para além dos 5 produtos comerciais, apresenta-se também o produto tipo Z06[AG], que representa a média dos produtos permanentes, e Z07[AG], que representa a média dos 5 produtos.

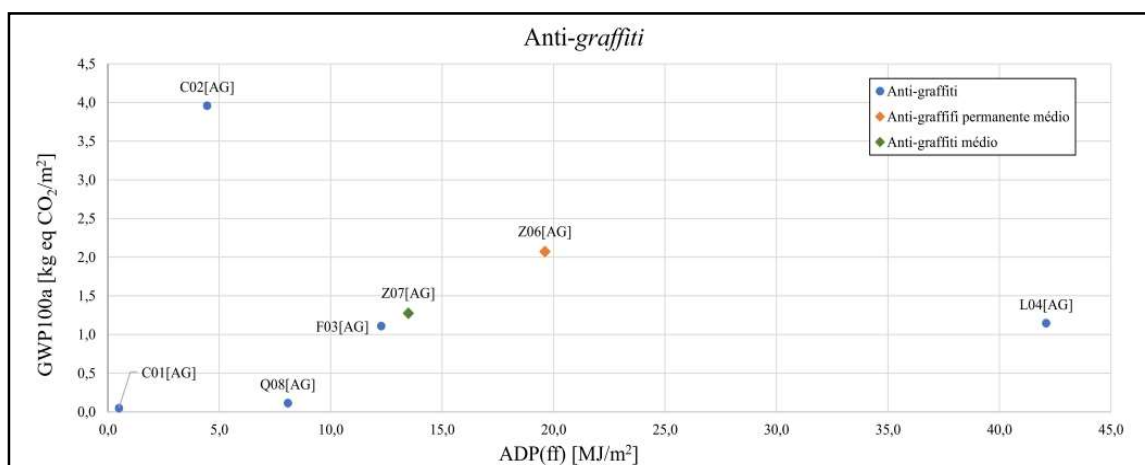


Figura 4.5 - Representação gráfica dos impactes ambientais de produtos de protecção anti-graffiti

Na Tabela 4.16 são apresentados os constituintes mais relevantes de cada anti-graffiti. Como se pode verificar, os grandes impactes ambientais são função do princípio activo e/ou da base solvente. No entanto o NQI não é elevado, havendo problemas de quantidade e qualidade de informação, principalmente a nível do princípio activo.

Tabela 4.16 - Componentes mais relevantes para análise de cada anti-graffiti

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
C01[AG]	Trietoxioctilsilano	2,5%	<i>Dimethyldichlorosilane {GLO}</i>	99,8%	99,8%
	Água	84,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,3%	0,2%
C02[AG]	Solvente	32,5%	<i>Solvent, organic {GLO}</i>	21,7%	7,2%
	Hexametileno	45,0%	<i>Methylene diisocyanate {RER}</i>	59,5%	73,3%
F03[AG]	Silsesquioxanes	25,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	86,7%	93,2%
	Água	61,7%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
L04[AG]	Xileno	34,8%	<i>Ethyl benzene {RER}</i>	52,7%	61,8%
	Desconhecido	22,4%	<i>Desconhecido</i>	0,0%	0,0%
Q08[AG]	Cera ME	40,0%	<i>Paraffin {GLO}</i>	100,0%	99,9%
	Água	60,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,2%	0,0%

Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de "*market for | Cut-off, S*"

#### 4.3.3.2 Discussão de resultados

O tipo de produto anti-graffiti parece ser um factor determinante no impacte ambiental, como se pode verificar pela Tabela 4.17, onde são apresentados os produtos representativos de cada categoria. No caso dos sacrificiais, os produto Q08[AG], semi-permanentes o produto C01[AG] e no caso dos permanentes, visto existirem 3 produtos em estudo, é apresentado o produto tipo Z06[AG] como representativo.

Tabela 4.17 - Impactes ambientais dos diferentes tipos de anti-graffiti

Produto	ADP(ff)	GWP100a	Tipo
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Q08[AG]	8,076	0,116	Sacrificial
C01[AG]	0,497	0,051	Semi-Permanente
Z06[AG]	19,603	2,074	Permanente

Contudo, esta conclusão é frágil pois, tanto os semi-permanentes como os sacrificiais são representados por um só produto cada. Portanto os resultados do produto semi-permanente e do produto sacrificial podem não ser representativos dos tipos a que correspondem. Isso pode acontecer principalmente com o produto semi-permanente, C01[AG], que apresenta um NQI de 3, e valores de impacte ambiental uma ordem de grandeza abaixo dos restantes, o que parece indicar uma carência de informação.

Tal como nos hidrófugos, a base é determinante no impacte global dos produtos anti-graffiti. Nos produtos de base aquosa, os impactes ambientais mais importantes advêm dos princípios activos, e nos produtos de base solvente, o impacte é partilhado entre o princípio activo e a base.

No caso dos anti-graffiti, não foi possível estudar o impacte ambiental dos constituintes, em termos de percentagens devido à grande variação de constituintes entre produtos.

### 4.3.4 Multifuncionais

#### 4.3.4.1 Apresentação de resultados

Nesta categoria, consideraram-se produtos que apresentam mais de duas funções distintas. Foram considerados produtos de protecção (sem pigmento), que atribuem a um qualquer acabamento, várias características, como hidrofobicidade, autolimpeza e biocida, como apresentado na Tabela 4.18. É também apresentado o produto tipo Z08[MF] (média dos impactes dos produtos fotocatalíticos F04[MF] e F05[MF]). Nesta categoria está também considerado o produto de autolimpeza, D10[MF], visto esta ser uma característica que, pela sua função inerente, tem, de forma directa ou indirecta (dependendo se a autolimpeza é conseguida pelo super-hidrofobicidade ou por fotocatalização), efeitos na hidrofobicidade e na bioreceptividade das superfícies, tendo assim características biocidas e de hidrófugo.

Tabela 4.18 - Impactes ambientais de produtos multifuncionais

Multifuncionais						
Produto	ADP(ff)	GWP100a	NQI	Rendimento	Diluição	Tipo
Código	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]		kg/m <sup>2</sup>	Média	
D20[MF]	17,203	0,614	3	0,300	-	Hidrófugo Oleofóbico
F04[MF]	6,464	0,433	4	0,245	-	Fotocatalítico
F05[MF]	6,815	0,422	4	0,245	-	Fotocatalítico
H03[MF]	8,949	0,499	4	0,614	23,3%	Película
Z08[MF]	6,639	0,427	-	0,245	-	Fotocatalítico

Na Figura 4.6 são apresentados graficamente os dados presentes na Tabela 4.18.

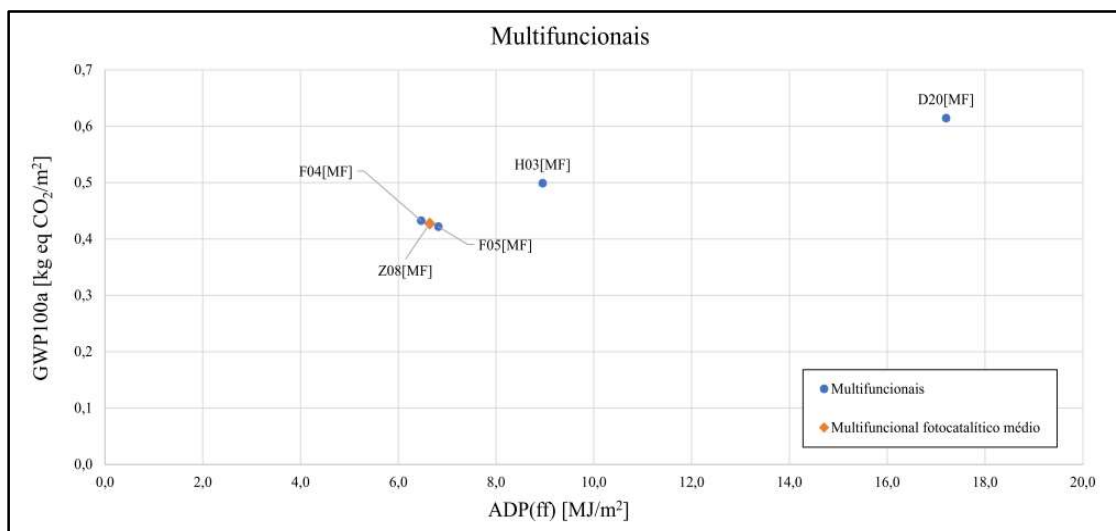


Figura 4.6 - Representação gráfica dos impactes ambientais de produtos multifuncionais

Na Tabela 4.19 são apresentados os constituintes mais relevantes dos produtos multifuncionais considerados em estudo. Espelhando as categorias anteriores, os constituintes apresentados não são a totalidade dos constituintes conhecidos de cada produto, mas aqueles que são uma percentagem relevante da constituição do produto e/ou constituintes que, independentemente da sua proporção na constituição do produto, sejam responsáveis por uma percentagem elevada, dos impactes ambientais totais do produto em questão.



**Tabela 4.19 - Constituintes mais relevantes de produtos multifuncionais**

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
<b>D20[MF]</b>	Silano	20,0%	<i>Dimethyldichlirosilane {GLO}</i>	20,8%	59,7%
	Solvente	77,0%	<i>Solvent, organic {GLO}</i>	74,8%	33,1%
<b>F04[MF]</b>	Silicato de Etilo	10,0%	<i>Tetraethyl orthosilicate {GLO}</i>	32,3%	27,8%
	Dióxido de Titânio	20,0%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	46,2%	60,7%
	Água	60,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
<b>F05[MF]</b>	Propan-2-ol	20,0%	<i>Isopropanol {RER}</i>	40,9%	23,5%
	Dióxido de Titânio	20,0%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	43,8%	62,3%
	Água	55,0%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%
<b>H03[MF]</b>	Metacrilato de Metilo	1,9%	<i>Methyl methacrylate {RER}</i>	13,8%	16,3%
	Resina Acrílica	9,8%	<i>Methyl acrylate {GLO}</i>	39,4%	32,7%
	Água	78,7%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,0%

Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de "| market for | Cut-off, S"

#### 4.3.4.2 Discussão de resultados

Os produtos multifuncionais são ainda uma categoria em desenvolvimento, principalmente aqueles, cuja forma de acção, seja por fotocatalização ou superhidrofugação. Por isso, existem ainda poucos produtos deste tipo, e a informação, dado serem utilizadas formulas proprietárias, é ainda pouca. Nestes produtos, os princípios activos, apesar de conhecidos, não tinham quantidades, pelo que os seus valores foram deduzidos.

**Tabela 4.20 - Comparação entre os diferentes tipos de multifuncionais**

Produto	ADP(ff)	GWP100a	Rendimento	Diluição	Tipo
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>2</sup> ]	Média	
<b>D20[MF]</b>	17,203	0,614	0,300	0,0%	Hidrófugo Oleofóbico
<b>H03[MF]</b>	8,949	0,499	0,614	23,3%	Película
<b>Z08[MF]</b>	6,639	0,427	0,245	0,0%	Fotocatalítico

Como só foi possível estudar um produto hidrófugo/oleofóbico, a representatividade deste é baixa, contudo, o impacto mais elevado, em relação aos restantes, é devido a ser de base solvente.

O produto H03[MF], que forma uma película incolor, apesar de ser o único estudado, pode ser comparado com as tintas pois, a película é, fundamentalmente, uma tinta sem pigmento. Os produtos fotocatalíticos apresentam os impactos ambientais mais baixos nos indicadores estudados, impactes esse que advêm, principalmente, do TiO<sub>2</sub> e silicato de etilo (no caso do produto F04[MF]) ou propano-2-ol (no caso do produto F05[MF]).

Neste caso, à semelhança do que aconteceu nos produtos anti-graffiti, também não é possível um estudo do impacto dos componentes em si, visto que, apesar de uma mesma função genérica (multifuncionalidade), os mecanismos são dispares, pelo que não há suficientes constituintes em comum que justifiquem a apresentação de valores médios, seja dos impactos ambientais ou de constituição.

## 4.3.5 Acabamentos

### 4.3.5.1 Apresentação de resultados

Nesta categoria, consideram-se os acabamentos de ETICS que estão considerados nas ATE emitidas pelo LNEC, bem como algumas tintas que foram referidas pelos fabricantes como utilizadas para o revestimento de ETICS.

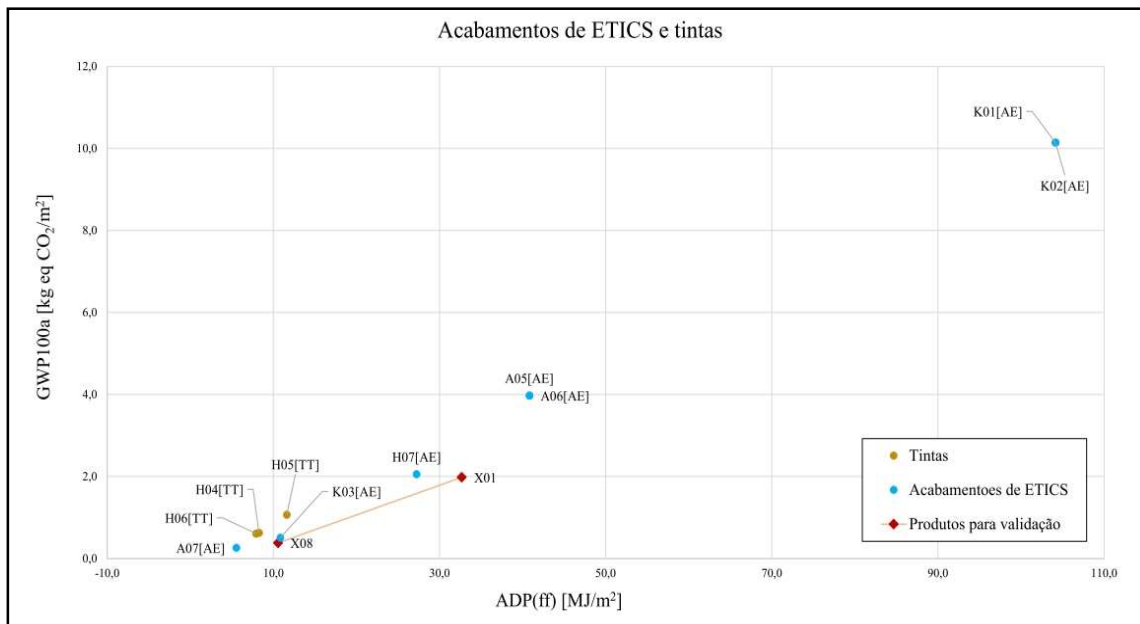
Em termos de características, todos os produtos enumeram em FT alguma capacidade contra a penetração de água, bem como alguma capacidade em dificultar o crescimento de vida microbiana. Segundo os mesmos fabricantes, estes produtos não podem ser considerados hidrófugos ou biocidas, mas somente revestimentos. No entanto, todos os produtos têm, na sua constituição, químicos que têm características de biocidas e hidrófugos, pelo que a adição de biocidas e/ou de hidrófugos só será necessária em situações ambientalmente mais agressivas, como fachadas particularmente expostas à humidade (virada a Norte com muito baixa exposição solar, por exemplo). Na Tabela 4.21 são apresentados todos os produtos com NQI suficiente para análise. DAP indica informação retirada de uma DAP, que servirá de comparação aos restantes.

**Tabela 4.21 - Impactes ambientais de produtos e soluções de acabamentos de ETICS**

Produto	ADP(ff)	GWP100a	NQI
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
H04[TT]	8,265	0,625	5
H05[TT]	11,603	1,064	4
H06[TT]	7,910	0,605	5
A05[AE]	40,811	3,971	3
A06[AE]	40,811	3,971	3
A07[AE]	5,528	0,260	3
H07[AE]	27,232	2,053	5
K01[AE]	104,139	10,143	3
K02[AE]	104,139	10,143	3
K03[AE]	10,829	0,505	3
X01	32,66	1,98	DAP
X08	10,54	0,38	DAP

As tintas que não estão contempladas na ATE são identificadas como [TT]. Esta marca em particular (H), utiliza um sistema de ETICS fabricado por uma outra empresa, cuja homologação foi feita noutro país europeu, pelo que não foi possível aceder à ATE, pois esta não está disponibilizada pelo fabricante, pelo representante português, ou pela entidade que realizou a certificação. Somente foi possível determinar que o produto H07[AE] está homologado no sistema original. Portanto, decidiu-se aceitar as indicações do representante português, e considerar os três produtos aqui identificados como tintas, mas fazendo essa distinção, devido à ausência da ATE.

A informação relativa aos produtos X01 e X08 foi retirada de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP) fornecida pelo fabricante. Apesar de estes produtos não serem comercializados em Portugal e, conseqüentemente, não serem considerados neste trabalho, são aqui apresentados pois, devido à frequência de DAPs ser ainda muito baixa, não existem ainda produtos deste tipo com esta certificação no mercado português. Portanto, considerou-se importante fazer a validação dos valores calculados neste trabalho, através da comparação com produtos cujos resultados dos impactes aqui estudados, são calculados e verificados, como é o caso destes. Na Figura 4.7 é possível ver, de forma gráfica, os impactes ambientais destes produtos.



**Figura 4.7 - Representação gráfica dos impactos ambientais de produtos e soluções de acabamentos de ETICS**

Como se pode ver pela Figura 4.7, a generalidade dos produtos encontra-se acima da linha definida pelos produtos X01 e X08, pelo que é razoável concluir que os valores de impacto ambiental que foram calculados neste capítulo, para as tintas e acabamentos de ETICS têm representatividade.

No caso dos acabamentos de ETICS e tintas, existem vários produtos cujo NQI é baixo, e para os quais é apresentada a percentagem do produto de que não se conhece a formulação. Estes produtos não foram eliminados previamente pois estão a ser considerados no âmbito de um projecto de investigação (WGB), em que esta dissertação está inserida. Contudo, não foi possível obter informação relevante em relação aos constituintes durante a fase deste estudo, e, portanto, não foi possível completar as formulações. No entanto, como se pode ver pela Figura 4.7, os valores obtidos no total dos produtos estão em linha com os restantes, pelo que é razoável admitir que os constituintes com maior impacto ambiental estão contabilizados, podendo faltar constituintes como *fillers* e outros do mesmo género, que ocupem grande volume, mas tenham baixos impactos em ADP(ff) e GWP100a.

No Anexo E são apresentados todos os dados recolhidos de um produto, neste caso, o produto H07[AE]. No Anexo E.1 são apresentados todos os constituintes recolhidos, as suas percentagens, os processos, e todos os impactos calculados. No Anexo E.2, são apresentados os dados de rendimento e densidade que permitem a transformação da unidade declarada para a unidade funcional, sendo também apresentados os impactos ambientais totais de H07[AE] nessas duas unidades. Serve este Anexo E para apresentar um exemplo, do trabalho que foi feito para todos os produtos (acabamento de ETICS ou os produtos de protecção em estudo) ao longo desta dissertação, e para comparação com a Tabela 4.22 que será apresentada de seguida e que, para este produto, se apresentam três constituintes em vez da totalidade dos levantados, e presentes no Anexo E, que são, no total, oito.

Na Tabela 4.22 são apresentados os constituintes mais relevantes de cada produto estudado. Aqui, tal como nos outros tipos de produtos, são apresentados os constituintes com uma incorporação significativa no produto e/ou os que têm maiores impactos ambientais, em relação ao total de impacto ambiental de cada produto.

Tabela 4.22 - Componentes mais relevantes para análise de cada acabamento de ETICS e tintas

Produto	Constituintes		Processo <i>SimaPro</i> considerado	ADP(ff)	GWP100a
	Descrição	%		%	%
H04[TT]	Terbutrine	2,4%	<i>Triazine-comp., unsp. {GLO}</i>	11,5%	10,3%
	Dióxido de Titânio	24,2%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	53,4%	62,1%
	Água	46,8%	<i>Tap water {RER}</i>	0,01%	0,01%
H05[TT]	Resinas siloxanicas	12,9%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	91,9%	97,8%
	Água	83,2%	<i>Tap water {RER}</i>	0,01%	0,01%
H06[TT]	Dióxido de Titânio	24,2%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	61,8%	71,1%
	Água	29,4%	<i>Tap water {RER}</i>	0,0%	0,01%
A05[AE]	Copolímero Sintético	10,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	99,2%	99,5%
	Desconhecido	70,3%	<i>Desconhecido</i>	0,0%	0,00%
A06[AE]	Copolímero Sintético	10,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	99,2%	99,5%
	Desconhecido	73,5%	<i>Desconhecido</i>	0,0%	0,00%
A07[AE]	Acrílico	10,0%	<i>Methyl acrylate {GLO}</i>	95,7%	94,2%
	Desconhecido	45,0%	<i>Desconhecido</i>	0,0%	0,00%
H07[AE]	Terbutrin	2,5%	<i>Triazine-comp., unsp. {GLO}</i>	26,5%	23,8%
	Dioxido de Titânio	10,0%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	49,2%	57,5%
	Água	27,5%	<i>Tap water {RER}</i>	0,01%	0,01%
K01[AE]	Copolímero Sintético	20,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	99,6%	99,7%
	-	65,6%	<i>Limestone, crush, wash {CH}</i>	0,06%	0,05%
K02[AE]	Copolímero Sintético	20,0%	<i>Polydimethylsiloxane {GLO}</i>	99,6%	99,7%
	-	65,6%	<i>Limestone, crush, wash {CH}</i>	0,06%	0,05%
K03[AE]	Acrílico	20,0%	<i>Methyl acrylate {GLO}</i>	97,7%	96,9%
	Água	34,7%	<i>Tap water {RER}</i>	0,01%	0,02%

Nota: Só o prefixo dos processos *SimaPro* é apresentado, todos são seguidos de "| market for | Cut-off, S"

#### 4.3.5.2 Discussão de resultados

No caso dos acabamentos de ETICS, para além da base, o *filler* também representa uma parte muito importante da formulação e, à semelhança da base aquosa, também tem um impacto ambiental muito baixo.

Tal como explicado, assume-se que nos produtos do fabricante A, as percentagens desconhecidas serão constituintes do tipo *filler*, pelo que o seu impacto é praticamente irrelevante e, portanto, é razoável considerar os valores que são apresentados, mesmo só se conhecendo uma parte da formulação

A principal fonte dos impactos nestes produtos é o formador de película, que poderá ser de base acrílica. Nos copolímeros sintéticos, assumiu-se um processo de siloxanos por, nos polímeros estudados, estes são os que apresentam maiores impactos, e portanto, assumir impactos desta magnitude é um pior caso possível.

Em alguns casos, TiO<sub>2</sub> está presente, contudo não é referido se como principio activo fotocatalisador, pigmento ou ambos.

## 4.3.6 Solução Biocida+Hidrófugo

### 4.3.6.1 Apresentação de resultados

A criação desta solução conjugada servirá para fazer um *benchmarking* com os produtos multifuncionais. Como os produtos multifuncionais apresentam várias características, seria impossível comparar estes com biocidas ou com hidrófugos, pelo que somente faz sentido esta comparação com uma solução híbrida de biocida mais hidrófugo.

Na Tabela 4.23 são apresentados os valores de impacte ambiental nas categorias ADP(ff) e GWP100a para soluções bifuncionais, em que se conjuga um hidrófugo com um biocida. Sempre que possível, conjugaram-se hidrófugos e biocidas do mesmo fabricante; quando tal não foi possível, adicionou-se um biocida médio (Z04[BC]\_A) ao hidrófugo. Na apresentação dos dados diferenciou-se o tipo de base dos hidrófugos, separando os de base aquosa dos de base solvente.

**Tabela 4.23 - Soluções bifuncionais: conjugação de biocida com hidrófugo**

Base	Solução		ADP(ff)	GWP100a	
	Produtos	Código	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Aquosa	A01[HF]+A03[BC]	BF01	2,654	0,257	
	D10[HF]+Z04[BC]	BF07	7,538	0,769	
	D11[HF]+Z04[BC]	BF08	4,748	0,318	
	D12[HF]+Z04[BC]	BF09	4,748	0,318	
	D14[HF]+Z04[BC]	BF10	0,779	0,075	
	F01[HF]+Z04[BC]	BF11	0,358	0,032	
	H01[HF]+Z04[BC]	BF12	3,676	0,247	
	M01[HF]+Z04[BC]	BF15	11,111	1,080	
	N01[HF]+Z04[BC]	BF17	1,400	0,139	
	N02[HF]+Z04[BC]	BF18	3,829	0,388	
	N05[HF]+Z04[BC]	BF21	4,933	0,502	
	P01[HF]+Z04[BC]	BF22	6,272	0,639	
	Z11[BF]		4,337	0,397	
Solvente	A02HF9+A03[BC]	BF02	44,161	0,946	
	D03[HF]+Z04[BC]	BF04	30,803	2,823	
	D04[HF]+Z04[BC]	BF05	61,820	5,224	
	D06[HF]+Z04[BC]	BF06	9,096	0,544	
	H02[HF]+Z04[BC]	BF13	30,794	0,371	
	J01[HF]+Z04[BC]	BF14	31,311	0,926	
	L01[HF]+L02[BC]	BF03	17,893	0,657	
	M02[HF]+Z04[BC]	BF16	14,842	0,282	
	N03[HF]+Z04[BC]	BF19	29,690	0,870	
	N04[HF]+Z04[BC]	BF20	27,603	0,433	
		Z12[BF]		29,801	1,307

Como o biocida tem de ser aplicado num acabamento (seja acabamento de ETICS ou tinta), assumiu-se que o biocida está a ser aplicado num acabamento com um rendimento médio de 1,04 l/m<sup>2</sup> (como já explicado

anteriormente, este rendimento é a média dos rendimentos dos acabamentos em estudo). Foi considerada a formulação Z04[BC]\_A pois é a que considera os valores médios de impacte, com um rendimento médio dos acabamentos. A formulação Z04[BC]\_B será mais realista quando adicionada a acabamentos de ETICS ou tintas reais com rendimentos conhecidos e não em situações genéricas, como aqui.

As soluções Z11[BF] e Z12[BF] representam as médias das soluções de biocidas com hidrófugos aquosos e solventes, respectivamente.

#### 4.3.6.2 Discussão de resultados

Este tipo de solução conjugada, de biocida com hidrófugo, competirá com soluções do tipo multifuncional, pelo que será vantajoso comparar os impactes ambientais de ambas. Na Tabela 4.24 e Tabela 4.25 apresentam-se os valores médios de impactes ambientais das soluções bifuncionais e multifuncionais, respectivamente.

**Tabela 4.24 - Impactes ambientais médios das soluções bifuncionais**

Produto	ADP(ff)	GWP100a	Tipo
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
Z11[BF]	4,3370	0,3970	Base aquosa
Z12[BF]	29,8014	1,3074	Base Solvente

**Tabela 4.25 - Impactes ambientais de soluções multifuncionais**

Produto	ADP(ff)	GWP100a	Tipo
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
D20[MF]	17,2026	0,6143	Hidrófugo Oleofóbico
H03[MF]	8,9486	0,4989	Película
Z08[MF]	6,6394	0,4271	Fotocatalítico

Numa primeira análise, é imediatamente claro que soluções bifuncionais com hidrófugos de base solvente têm impactes muito superiores a qualquer das outras soluções. Em relação às soluções bifuncionais com hidrófugos de base aquosa, apesar de apresentarem valores mais baixos, há que ter em consideração que estas soluções não estão aplicadas numa tinta ou acabamento, como prescrito pelos fabricantes. Ou seja, não estão contabilizados os impactes da matriz em que o biocida seria misturado como aditivo. Contudo, tanto os produtos bifuncionais como os multifuncionais são aplicados num revestimento, apenas a forma de aplicação é diferente. Os biocidas das soluções bifuncionais são aditivos, pelo que têm de ser aplicados numa determinada proporção numa tinta ou acabamento de ETICS antes de esta ser aplicada ao substrato. No caso dos multifuncionais, estes são aplicados como o hidrófugo, após secagem da tinta ou acabamento de ETICS, como camada de protecção.

O facto de os biocidas só existirem como aditivos é uma desvantagem crítica, pois impedem o reforço de características biocidas ao longo da vida útil da construção, só sendo possível o reforço destas quando é aplicada nova tinta ou acabamento de ETICS

## 4.4 Comparação de soluções

Neste trabalho são consideradas cinco categorias de produtos: hidrófugos, biocidas, anti-graffiti, multifuncionais e acabamentos de ETICS/tintas. A estas, pode ser acrescentada a categoria que conjuga biocidas e hidrófugos.

Aquando da aplicação de um sistema ETICS, existem quatro opções para uma protecção completa das superfícies:

- Acabamento de ETICS/tinta;
- Acabamento de ETICS/tinta com bifuncional;
- Acabamento de ETICS/tinta com multifuncional;
- Acabamento de ETICS/tinta com anti-graffiti.

Destas, a solução de acabamento de ETICS/tinta com anti-graffiti não compete com os restantes, devendo ser aplicada só em zonas em que o vandalismo seja considerado um problema, e aí, só nos primeiros pisos ou em zonas que possam ser acessíveis. Deve-se considerar a categoria sem protecção extra de acabamentos de ETICS/tintas como sendo realista pois, em algumas situações, a protecção que é providenciada pela própria camada de revestimento é suficiente para garantir, na sua vida útil, a resistência à penetração de água e ao desenvolvimento de colónias de microorganismos.

Na Tabela 4.26 são apresentados todos os acabamentos de ETICS/Tintas estudados, conjugados com biocida e hidrófugo aquoso, e são demonstrados os aumentos de impactes ambientais relativos.

**Tabela 4.26 – Acabamentos de ETICS/Tintas reforçados com uma solução bifuncional com hidrófugo aquoso, na primeira aplicação, para a unidade funcional**

Acabamento de ETICS / Tinta				Bifuncional - Hidrófugo Aquoso				
				Solução	ADP(ff)		GWP100a	
					MJ	%	kg eq CO <sub>2</sub>	%
H04[TT]	ADP(ff)	8,27	MJ	H01[HF] Z04[BC]	11,48	38,9%		
	GWP100a	0,63	kg eq CO <sub>2</sub>		0,84	34,0%		
H05[TT]	ADP(ff)	11,60	MJ	H01[HF] Z04[BC]	14,65	26,3%		
	GWP100a	1,06	kg eq CO <sub>2</sub>		1,25	17,9%		
H06[TT]	ADP(ff)	7,91	MJ	H01[HF] Z04[BC]	11,14	40,9%		
	GWP100a	0,61	kg eq CO <sub>2</sub>		0,82	35,3%		
A05[AE]	ADP(ff)	40,81	MJ	A01[HF] A03[BC]	41,47	1,6%		
	GWP100a	3,97	kg eq CO <sub>2</sub>		4,03	1,5%		
A06[AE]	ADP(ff)	40,81	MJ	A01[HF] A03[BC]	41,46	1,6%		
	GWP100a	3,97	kg eq CO <sub>2</sub>		4,03	1,5%		
A07[AE]	ADP(ff)	5,53	MJ	A01[HF] A03[BC]	7,84	41,9%		
	GWP100a	0,26	kg eq CO <sub>2</sub>		0,50	92,5%		
H07[AE]	ADP(ff)	27,23	MJ	H01[HF] Z04[BC]	29,97	10,0%		
	GWP100a	2,05	kg eq CO <sub>2</sub>		2,23	8,7%		
K01[AE]	ADP(ff)	104,14	MJ	Z01[HF] Z04[BC]	103,87	-0,3%		
	GWP100a	10,14	kg eq CO <sub>2</sub>		10,08	-0,6%		
K02[AE]	ADP(ff)	104,14	MJ	Z01[HF] Z04[BC]	103,87	-0,3%		
	GWP100a	10,14	kg eq CO <sub>2</sub>		10,08	-0,6%		
K03[AE]	ADP(ff)	10,83	MJ	Z01[HF] Z04[BC]	14,76	36,3%		
	GWP100a	0,51	kg eq CO <sub>2</sub>		0,89	75,8%		

De notar também que a solução bifuncional só é relevante para uma primeira aplicação, pois, como já descrito, o biocida tem de ser usado como adição ao acabamento de ETICS ou à tinta, pelo que não poderá haver lugar a

reforço da característica de biocida na vida útil do acabamento. Neste caso, o reforço terá de ser feito através de um multifuncional ou, em casos extremos, que o acabamento de ETICS/tinta se encontre muito degradado, através da reaplicação deste com nova adição de biocida. Na Tabela 4.27 são apresentadas todas as soluções possíveis considerando os produtos em estudo para protecção de acabamento de ETICS com bifuncionais de base solvente.

**Tabela 4.27 - Acabamentos de ETICS/Tintas reforçados com uma solução bifuncional com hidrófugo solvente, na primeira aplicação, para a unidade funcional**

Acabamento de ETICS / Tinta				Bifuncional - Hidrófugo Solvente				
				Solução	ADP(ff)		GWP100a	
					MJ	%	kg eq CO <sub>2</sub>	%
H04[TT]	ADP(ff)	8,27	MJ	H02[HF] Z04[BC]	51,34	521,1%	1,40	123,5%
	GWP100a	0,63	kg eq CO <sub>2</sub>					
H05[TT]	ADP(ff)	11,60	MJ	H02[HF] Z04[BC]	54,51	369,8%	1,81	70,5%
	GWP100a	1,06	kg eq CO <sub>2</sub>					
H06[TT]	ADP(ff)	7,91	MJ	H02[HF] Z04[BC]	51,00	544,8%	1,38	127,8%
	GWP100a	0,61	kg eq CO <sub>2</sub>					
A05[AE]	ADP(ff)	40,81	MJ	A02[HF] Z04[BC]	82,32	101,7%	4,58	15,3%
	GWP100a	3,97	kg eq CO <sub>2</sub>					
A06[AE]	ADP(ff)	40,81	MJ	A02[HF] Z04[BC]	82,31	101,7%	4,58	15,3%
	GWP100a	3,97	kg eq CO <sub>2</sub>					
A07[AE]	ADP(ff)	5,53	MJ	A02[HF] Z04[BC]	48,70	781,0%	1,05	302,7%
	GWP100a	0,26	kg eq CO <sub>2</sub>					
H07[AE]	ADP(ff)	27,23	MJ	H02[HF] Z04[BC]	57,08	109,6%	2,35	14,7%
	GWP100a	2,05	kg eq CO <sub>2</sub>					
K01[AE]	ADP(ff)	104,14	MJ	Z02[HF] Z04[BC]	129,25	24,1%	10,73	5,8%
	GWP100a	10,14	kg eq CO <sub>2</sub>					
K02[AE]	ADP(ff)	104,14	MJ	Z02[HF] Z04[BC]	129,25	24,1%	10,73	5,8%
	GWP100a	10,14	kg eq CO <sub>2</sub>					
K03[AE]	ADP(ff)	10,83	MJ	Z02[HF] Z04[BC]	40,14	270,7%	1,54	204,7%
	GWP100a	0,51	kg eq CO <sub>2</sub>					

Em zonas mais críticas, ou caso o aspecto estético da fachada seja de maior importância para o dono-de-obra, o acabamento de ETICS/tinta, poderá ser revestido com um multifuncional ou com uma solução bifuncional. Apesar da solução bifuncional não apresentar características de autolimpeza, o facto de repelir a água dificultará a adesão de poluentes à superfície o que, aliado à utilização de um biocida, diminuirá o desenvolvimento de manchas devidas à presença de colónias de microorganismos [63]. Contudo, em situações que a autolimpeza seja um factor determinante, a utilização de um produto multifuncional será mais indicada.

Na Tabela 4.26 são apresentados todos os acabamentos de ETICS/Tintas estudados, conjugados com biocida e hidrófugo aquoso, e são demonstrados os aumentos de impactes ambientais relativos nos produtos K01[AE] e K02[AE], com a solução bifuncional com hidrófugo de base aquosa. Os impactes ambientais diminuem o que, numa primeira análise parece contra-intuitivo. Isto acontece devido à adição de 5% de biocida. Na Tabela 4.28 e na Tabela 4.29 é demonstrado o porquê.



**Tabela 4.28 - Exemplo de cálculo de impacto ambiental de um biocida**

Produto	Proporção	ADP(ff)	GWP100a	Rendimento	Densidade	
K01[AE]	-	MJ/m <sup>2</sup>	kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	kg/l
	100%	104,14	10,14	3,2	1,55	2,07
	95%	98,93	9,64			
Z04[BC]	-	MJ/kg	kg eq CO <sub>2</sub> /kg	kg/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	kg/l
	100%	8,55	0,67	-	0,08	1,16
	-	MJ/m <sup>2</sup>	kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>			
	5%	0,57	0,06			

Na Tabela 4.28 é demonstrado como se calcula o impacto ambiental do biocida. Resumidamente, tendo o rendimento de K01[AE] como 1,55 l/m<sup>2</sup>, 5% deste valor, que representa a quantidade de biocida por metro quadrado, será 0,08 l/m<sup>2</sup>. Tendo em conta os impactos ambientais de Z04[BC] na unidade declarada [kg<sup>-1</sup>], multiplicando estes pelo rendimento do biocida e pela sua densidade chega-se, para o cálculo de ADP(ff):

$$ADP(ff) [MJ/m^2] = 8,55 [MJ/kg] \times 0,08 [l/m^2] \times 1,16 [kg/l] = 0,57 [MJ/m^2]$$

Obtém-se assim o impacto ambiental em ADP(ff) na unidade funcional da adição de 5% de biocida ao acabamento de ETICS. Este cálculo foi aplicado a todas as soluções, e para os impactos em ADP(ff) e GWP100a, segundo o mesmo método.

Na Tabela 4.29 é feito o cálculo final da solução K01[AE]+Z04[BC]+Z01[HF].

**Tabela 4.29 - Exemplo da cálculo de uma solução de acabamento de ETICS com bifuncional**

Produto	Proporção	ADP(ff) [MJ/m <sup>2</sup> ]	GWP100a [kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
K01[AE]	95%	98,93	9,64
Z04[BC]	5%	0,57	0,06
Z01[HF]	100%	4,17	0,38
<b>Total</b>	-	103,67	10,08

Após o cálculo do impacto do biocida e do impacto de 95% do acabamento de ETICS, é então possível somar as três parcelas, para obter o impacto desta solução. O hidrófugo é uma solução autónoma, pelo que se soma de forma directa.

Como o aditivo tem um impacto ambiental, na unidade funcional, inferior ao do acabamento em si, o impacto global de acabamento de ETICS com biocida, é inferior ao do acabamento. Este resultado também poderá ser fruto de alguma falta de informação, contudo, após análise aos dados, não será um resultado que estará fora da esfera de possibilidades pois, os biocidas têm impactos ambientais nestas categorias relativamente baixos.

Na Tabela 4.30 estão apresentadas as conjugações entre os acabamentos de ETICS/tintas e os vários tipos de produtos multifuncionais com a excepção do fotocatalisador. São apresentados os impactos dos acabamentos de ETICS/tintas e de cada tipo de produto multifuncional. Cada solução combinada, corresponde ao impacto de uma solução nos valores de ADP(ff) e GWP100a para a unidade funcional [m<sup>-2</sup>]. À direita de cada valor de impacto, é apresentado o acréscimo de impacto ambiental a que o revestimento com cada produto multifuncional está sujeito, face ao impacto ambiental original do acabamento de ETICS/tinta. Ou seja, no caso de H04[TT] com D20[MF], em ADP(ff), D20[MF] é responsável por um aumento de 208,1% face ao impacto de H04[TT], correspondendo assim o impacto total da solução H04[TT]+D20[MF] a 308,1% do de H04[TT].

**Tabela 4.30 - Acabamentos de ETICS/Tintas reforçados com produtos multifuncionais de película e superhidrófugos**

Acabamento de ETICS / Tinta	D20[MF] - Película				H03[MF] - Superhidrófugo				
	ADP(ff)		GWP100a		ADP(ff)		GWP100a		
	17,20	%	0,61	%	8,95	%	0,50	%	
<b>H04[TT]</b>	ADP(ff)	8,27	25,47	208,1%			17,21	108,3%	
	GWP100a	0,63			1,24	98,2%			1,12 79,8%
<b>H05[TT]</b>	ADP(ff)	11,60	28,81	148,3%			20,55	77,1%	
	GWP100a	1,06			1,68	57,7%			1,56 46,9%
<b>H06[TT]</b>	ADP(ff)	7,91	25,11	217,5%			16,86	113,1%	
	GWP100a	0,61			1,22	101,5%			1,10 82,4%
<b>A05[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	58,01	42,2%			49,76	21,9%	
	GWP100a	3,97			4,59	15,5%			4,47 12,6%
<b>A06[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	58,01	42,2%			49,76	21,9%	
	GWP100a	3,97			4,59	15,5%			4,47 12,6%
<b>A07[AE]</b>	ADP(ff)	5,53	22,73	311,2%			14,48	161,9%	
	GWP100a	0,26			0,87	236,4%			0,76 192,0%
<b>H07[AE]</b>	ADP(ff)	27,23	44,43	63,2%			36,18	32,9%	
	GWP100a	2,05			2,67	29,9%			2,55 24,3%
<b>K01[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	121,34	16,5%			113,09	8,6%	
	GWP100a	10,14			10,76	6,1%			10,64 4,9%
<b>K02[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	121,34	16,5%			113,09	8,6%	
	GWP100a	10,14			10,76	6,1%			10,64 4,9%
<b>K03[AE]</b>	ADP(ff)	10,83	28,03	158,9%			19,78	82,6%	
	GWP100a	0,51			1,12	121,6%			1,00 98,7%

Neste caso, ao contrário das soluções bifuncionais, o impacto das soluções acabamento de ETICS/tinta com multifuncional será sempre a soma directa entre o impacto deste acabamento e do produto multifuncional, pelo que, a solução com menos impacto para cada acabamento de ETICS/tinta, será sempre o multifuncional com menor impacto. Portanto, neste caso, a apresentação dos três tipos de produtos serve para se ter uma ordem de grandeza do impacto dos produtos multifuncionais no total da solução de protecção de acabamentos de ETICS/tintas com multifuncional. Pode assim verificar-se que para H04[TT], existe uma diferença significativa entre a utilização de D20[MF] ou de Z08[MF]. No entanto esta diferença diminui no caso do acabamento de ETICS K01[AE] devido aos maiores impactes ambientais deste. É claro que esta conclusão é óbvia, contudo a apresentação das percentagens dá uma ordem de grandeza aos impactes, tornando a análise e comparação das soluções mais intuitiva.

Na Tabela 4.31 são apresentadas as soluções de acabamento de ETICS/Tintas com o produto tipo fotocatalisador Z08[MF].

**Tabela 4.31 - Acabamentos de ETICS/Tintas reforçados com produto multifuncional fotocatalisador**

Acabamento de ETICS / Tinta			Z08[MF] - Fotocatalisador			
			ADP(ff)		GWP100a	
			6,64	%	0,43	%
<b>H04[TT]</b>	ADP(ff)	8,27	14,90	80,3%		
	GWP100a	0,63			1,05	68,3%
<b>H05[TT]</b>	ADP(ff)	11,60	18,24	57,2%		
	GWP100a	1,06			1,49	40,1%
<b>H06[TT]</b>	ADP(ff)	7,91	14,55	83,9%		
	GWP100a	0,61			1,03	70,6%
<b>A05[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	47,45	16,3%		
	GWP100a	3,97			4,40	10,8%
<b>A06[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	47,45	16,3%		
	GWP100a	3,97			4,40	10,8%
<b>A07[AE]</b>	ADP(ff)	5,53	12,17	120,1%		
	GWP100a	0,26			0,69	164,4%
<b>H07[AE]</b>	ADP(ff)	27,23	33,87	24,4%		
	GWP100a	2,05			2,48	20,8%
<b>K01[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	110,78	6,4%		
	GWP100a	10,14			10,57	4,2%
<b>K02[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	110,78	6,4%		
	GWP100a	10,14			10,57	4,2%
<b>K03[AE]</b>	ADP(ff)	10,83	17,47	61,3%		
	GWP100a	0,51			0,93	84,5%

O multifuncional Z08[MF], que representa a média dos fotocatalisadores considerados, é o tipo de produto com menores impactes ambientais. No entanto, por esta ainda ser uma solução recente e com questões quando à durabilidade, eficácia e custo, não será, ainda, uma solução de utilização disseminada, daí a importância da apresentação dos vários tipos de soluções.

As soluções multifuncionais, por serem autónomas, podem ser aplicadas em qualquer altura da vida útil do edifício: logo no início da vida útil, para atribuir a qualidade de autolavagem às superfícies; mas também durante a vida útil, para reforço de capacidade biocida e de hidrofugação, bem como para atribuição da característica de autolimpeza, quando o acabamento original não apresenta essa capacidade no seu estado inicial de aplicação na fachada..

Na Tabela 4.32 são apresentadas as soluções de acabamento de ETICS/tinta com *anti-graffiti*. Apresentam-se os *anti-graffiti* sacrificiais e permanentes, pois os semi-permanentes, além da pouca informação disponível, são uma solução que é constituída, em média, pela conjugação de uma base permanente com um revestimento sacrificial, para tornar as superfícies a proteger mais resilientes a este tipo de vandalismo.

Tabela 4.32 - Acabamentos de ETICS/Tintas reforçados com produtos *anti-graffiti*

Acabamento de ETICS Tinta			Q08[AG] - Sacrificial				Z06[AG] - Permanente			
			ADP(ff)		GWP100a		ADP(ff)		GWP100a	
			8,08	%	0,12	%	19,60	%	2,07	%
<b>H04[TT]</b>	ADP(ff)	8,27	16,34	97,7%			27,87	237,2%		
	GWP100a	0,63			0,74	18,6%			2,70 331,6%	
<b>H05[TT]</b>	ADP(ff)	11,60	19,68	69,6%			31,21	168,9%		
	GWP100a	1,06			1,18	10,9%			3,14 194,9%	
<b>H06[TT]</b>	ADP(ff)	7,91	15,99	102,1%			27,51	247,8%		
	GWP100a	0,61			0,72	19,2%			2,68 342,6%	
<b>A05[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	48,89	19,8%			60,41	48,0%		
	GWP100a	3,97			4,09	2,9%			6,04 52,2%	
<b>A06[AE]</b>	ADP(ff)	40,81	48,89	19,8%			60,41	48,0%		
	GWP100a	3,97			4,09	2,9%			6,04 52,2%	
<b>A07[AE]</b>	ADP(ff)	5,53	13,60	146,1%			25,13	354,6%		
	GWP100a	0,26			0,38	44,7%			2,33 798,1%	
<b>H07[AE]</b>	ADP(ff)	27,23	35,31	29,7%			46,83	72,0%		
	GWP100a	2,05			2,17	5,7%			4,13 101,0%	
<b>K01[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	112,22	7,8%			123,74	18,8%		
	GWP100a	10,14			10,26	1,1%			12,22 20,4%	
<b>K02[AE]</b>	ADP(ff)	104,14	112,22	7,8%			123,74	18,8%		
	GWP100a	10,14			10,26	1,1%			12,22 20,4%	
<b>K03[AE]</b>	ADP(ff)	10,83	18,91	74,6%			30,43	181,0%		
	GWP100a	0,51			0,62	23,0%			2,58 410,4%	

Como se pode ver, a solução sacrificial tem impactes ambientais bastante mais baixos que a solução permanente. Contudo, a necessidade de reaplicação a cada limpeza poderá, na vida útil do edifício, tornar esta solução ambientalmente menos vantajosa. Não há, assim, uma solução melhor que a outra dado que dependerá em grande parte das necessidades do edifício em causa. Zonas mais críticas, em que serão necessárias mais limpezas, poderão justificar a aplicação de um produto permanente. Em zonas em que o *graffiti* seja um risco, mas com incidência baixa, um produto sacrificial poderá ser suficiente.

Ambas soluções, para além da durabilidade em termos de número de limpezas (a permanente varia entre 7 e mais de 20, a sacrificial será só uma lavagem), têm também uma durabilidade em termos do tempo em que se mantêm eficazes e que, segundo os fabricantes, é cerca de 5 anos para qualquer das soluções. A informação quanto a ciclos de lavagem é sempre a referida pelos fabricantes em FT.

Para além da eficácia e durabilidade, a variação química nestes produtos é grande, tendo características que variam muito, e que podem influenciar a escolha pelo dono de obra, como o facto de alguns sacrificiais alterarem a coloração das superfícies em que são aplicados.

Por todas estas razões, que impossibilitam afirmar que uma solução é melhor que outra, são apresentados os dados para ambas.

## Capítulo 5 Análise económica e ambiental – casos de estudo

### 5.1 Introdução

Neste capítulo, é realizado um trabalho de avaliação de desempenho ambiental e económico de algumas soluções. Estas soluções têm por base alguns produtos já tratados do ponto de vista ambiental no Capítulo 4. Aqui são estudados, para a vida útil de um sistema de ETICS, do ponto de vista ambiental, mas também do ponto de vista económico.

Foi dada preferência a produtos cujos fabricantes participam no projecto “WGB\_Shield”, pelo acesso a dados mais completos, principalmente a nível de vida útil dos produtos, mas também a nível de custo [€/m<sup>2</sup>]. Portanto a escolha dos produtos que serão apresentados de seguida teve por base esta ligação ao projecto e assim acesso a mais dados e com maior fiabilidade, mas também teve em conta o critério de NQI, exigindo-se o mesmo critério de  $NQI \geq 3$ .

Após o cálculo dos impactes ambientais e económicos, é apresentada uma análise multicritério, com o objectivo de se estudar o impacto da variação dos pesos das componentes ambientais e económica. Esta análise tem por objectivo demonstrar que a escolha de uma determinada solução *versus* outra solução, varia conforme o valor que é atribuído ao peso destas componentes.

### 5.2 Metodologia

#### 5.2.1 Recolha de dados

Esta dissertação divide-se em duas análises distintas. A primeira, ambiental, já foi tratada no Capítulo 4 ao nível de fabrico e será aqui contabilizado o cálculo dos impactes no ciclo de vida de cada sistema de ETICS.

Os dados para a análise económica, nomeadamente os custos de aquisição e a vida útil (também usada na análise ambiental), foram fornecidos pelas empresas cujos produtos irão aqui ser tratados, em [€/m<sup>2</sup>] e [anos]. Os custos relativos a aplicação e lavagem são excluídos pois serão semelhantes em todos os produtos, e este trabalho foca-se mais na definição da variação do que em valores absolutos. Na Tabela 5.1 são apresentados todos os dados relevantes, relativos aos produtos em estudo, que serão necessários para a análise económica e ambiental a realizar neste capítulo.

**Tabela 5.1 - Produtos a considerar para a análise económica e ambiental (impactes estimados da produção)**

Tipo	Produto	Custo	Vida útil	ADP	GWP100a
		[€/m <sup>2</sup> ]	[anos]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
Acabamento de ETICS	A05[AE]	8,87	10	40,81	3,97
	A06[AE]	9,11	10	40,81	3,97
	ZA0[AE]	8,99	10	40,81	3,97
Biocida	A03[BC]	48,49*	5	3,72*	0,24*
Hidrófugo	A01[HF]	3,14	5	2,51	0,25
Multifuncional	F04[MF]	5,00	10	6,46	0,43
Anti-Graffiti	F03[AG]	5,00	5	12,26	1,11

\* - Valores calculados para um rendimento de ZA0[AE] de 1,3 l/m<sup>2</sup>

O produto ZA0[AE] representa a média dos produtos A05[AE] e A06[AE] e será o produto utilizado daqui em diante como representativo dos acabamentos de ETICS. Quanto às restantes categorias, serão representadas pelos produtos descritos na Tabela 5.1.

## 5.2.2 Ciclo de vida de ETICS

Segundo o documento *Guideline for European Technical Approval of ETICS* – ETAG 004 [43], que define os procedimentos de homologação europeus de ETICS, estes sistemas devem ter uma vida útil não inferior a 25 anos. Este valor de vida útil é suportado por vários trabalhos de que estudaram a distribuição estatística da vida útil para um universo de edifícios com esta solução construtiva [132–134].

De acordo com o estudo de Silva e Falorca [132], como se pode observar na Figura 5.1, os ETICS necessitam de uma intervenção profunda entre os 25 e os 35 anos, para garantir que mantêm uma qualidade mínima acima dos 20%, durante a vida útil do edifício. A Figura 5.1 faz uma distinção entre manutenção preventiva e preditiva, distinção que, para este trabalho, não é relevante. No entanto, em qualquer das duas, a intervenção profunda é realizada por volta dos 30 anos.

Portanto, tendo por base esta informação e a ETAG 004, considera-se a vida útil dos sistemas de ETICS como 30 anos. Ao fim destes 30 anos o sistema deverá ser alvo de uma intervenção de larga escala, não só ao nível do acabamento mas também aos restantes componentes do sistema ETICS.

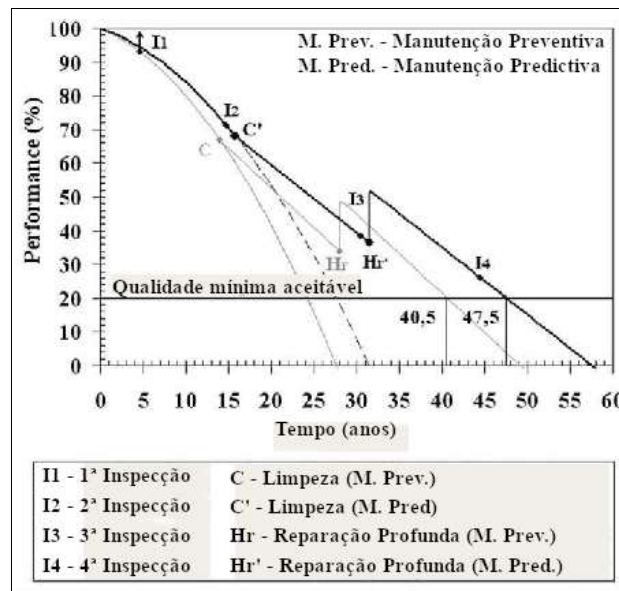


Figura 5.1 - Desempenho de ETICS ao longo do tempo [132]

## 5.2.3 Sistemas de protecção considerados

Para calcular os impactos económico e ambientais na vida útil dos sistemas de ETICS, são considerados quatro sistemas:

- S01 - Apenas acabamento de ETICS (AE);
- S02 - Acabamento de ETICS com protecção de biocida e hidrófugo (AE+BC+HF);
- S03 - Acabamento de ETICS com protecção multifuncional (AE+MF);
- S04 - Acabamento de ETICS com protecção anti-graffiti (AE+AG).

Para cada sistema de protecção foi considerado um cronograma de intervenções. Estes cronogramas foram dimensionados tendo por base a vida útil expectável do sistema de ETICS – 30 anos – e também a vida útil expectável dos produtos de protecção. Para a vida útil dos produtos de protecção consideram-se os valores que foram apresentados na Tabela 5.1, disponibilizados pelos fabricantes para os seus produtos ou produtos similares.

Estes planos de manutenção dos diferentes sistemas de protecção são descritos nos pontos seguintes, explicando as decisões quanto à frequência e intensidade de cada intervenção, em cada ano. É admitido que existe sempre compatibilidade química entre as soluções e os acabamentos de ETICS/Tintas.

### 5.2.3.1 Sistema S01 - AE

Este primeiro sistema serve de referencial de comparação para os restantes. Segundo os fabricantes, a camada de protecção final do sistema ETICS, ou camada de acabamento, tem uma vida útil expectável de 10 anos. No entanto, a sua vida útil em serviço e, condições de exposição poderá ser superior a este número, embora existindo um risco de perda de eficácia, bem como de perda de características estéticas, a partir dos 10-15 anos [132]. Portanto, neste trabalho, consideram-se os cronogramas apresentados na Tabela 5.2 e na Tabela 5.3 para esta solução sem protecção adicional.

**Tabela 5.2 - Cronograma de manutenção para o Sistema S01\_1, situação intermédia  
Percentagem de intervenção por produto**

Ano	ZA0[AE]
0	100%
5	-
10	50%
15	-
20	50%
25	-
30	Fim de Vida

**Tabela 5.3 - Cronograma de manutenção para o Sistema S01\_2, situações limite  
Percentagem de intervenção por produto**

Ano	ZA0[AE]
0	100%
5	-
10	25% a 100%
15	-
20	25% a 100%
25	-
30	Fim de Vida

Na situação do sistema S01\_1, no ano 0, é aplicado o acabamento de ETICS na totalidade da área das fachadas (100%) e, tendo em consideração a vida útil enunciada pelo fabricante e as análises estatísticas realizadas, nos anos 10 e 20 assume-se que será necessária a intervenção de reaplicação de ZA0[AE] em 50% da totalidade da área de fachada de um determinado edifício. Este valor de 50% será representativo das fachadas com maior exposição aos elementos atmosféricos e agressivos e, portanto, mais susceptíveis de estarem sujeitas a anomalias que necessitem de uma intervenção com maior regularidade. No entanto, a variabilidade entre tipologias de edifícios, condições de exposição aos agentes agressivos, entre outros factores, é muito grande. Por isso, é também apresentado o sistema S01\_2 que considera uma variação de área de intervenção de 25% a 100%. Aqui é considerada a possibilidade de intervenções pontuais (nos 25% de intervenção), mas também é considerada a necessidade de intervenções profundas mais recorrentes (nos 100% de intervenção nos anos 10 e 20). Este sistema S01\_2 representará o melhor e o pior casos possíveis, enquanto o sistema S01\_1 representa uma situação intermédia que pode ser considerada representativa da generalidade das situações.

### 5.2.3.2 Sistema S02 – AE+BC+HF

No caso deste sistema, considera-se que todos os factores agressivos actuam nas camadas protectoras e não no acabamento de ETICS, pelo que este deverá resistir em todo o período de vida útil do sistema em condições razoáveis. Mesmo que exista algum tipo de degradação, o desempenho do sistema, em particular do acabamento, não é posto em causa. Na Tabela 5.4 é apresentado o cronograma de manutenção considerado.

Neste caso, considera-se que a aplicação inicial de acabamento de ETICS será constituída por 5% de um aditivo biocida, sendo esta camada revestida por um hidrófugo aquoso. O hidrófugo apresenta, segundo o fabricante, uma vida útil de 5 anos. Portanto, consideram-se necessárias intervenções a cada 5 anos para fazer o reforço da capacidade hidrófuga na totalidade da área das fachadas. Este valor poderá ser conservativo, tal como o valor apresentado pelos fabricantes para os acabamentos de ETICS. No entanto, não existindo informação mais completa, considera-se esta, a mais próxima da realidade.

**Tabela 5.4 – Cronograma de manutenção para o Sistema S02 – Percentagem de intervenção por produto**

Ano	ZA0[AE]	A03[BC]	A01[HF]
0	95%	5%	100%
5	-	-	100%
10	-	-	100%
15	-	-	100%
20	-	-	100%
25	-	-	100%
30	Fim de Vida		

### 5.2.3.3 Sistema S03 – AE+MF

Este sistema é muito semelhante ao S02, em que o hidrófugo é reaplicado no final dos períodos de vida útil enunciados pelo fabricante. Neste caso, existe também uma aplicação inicial do acabamento de ETICS revestido por uma camada de protecção multifuncional, a qual é reposta no final dos períodos definidos de vida útil que o fabricante publicita: 10 anos, neste caso. Também se considera que todos os factores agressivos actuam apenas na camada de protecção, deixando o acabamento de ETICS em boas condições. Na Tabela 5.5 é apresentado o plano de manutenção considerado nesta análise.

**Tabela 5.5 – Plano de manutenção para o Sistema S03 – Percentagem de intervenção por produto e ano**

Ano	ZA0[AE]	F04[MF]
0	100%	100%
5	-	-
10	-	100%
15	-	-
20	-	100%
25	-	-
30	Fim de Vida	

### 5.2.3.4 Sistema S04 – AE+AG

No caso dos anti-*graffiti*, pelas suas características e função, serão sempre aplicados em paralelo com uma das soluções anteriores. No entanto, o seu estudo é feito de forma autónoma. A sua aplicação, terá de ser feita sobre o acabamento de ETICS e não sobre as camadas de protecção.



Na Tabela 5.6 é apresentado o plano de manutenção proposto. Isto deve-se a duas razões: primeiro, possibilidade de incompatibilidades químicas com outros produtos de protecção; segundo, a nível económico, aplicar um anti-graffiti sobre outro produto de protecção, aumenta o custo, pois serão aplicados dois produtos distintos, e na realidade não é melhorado o desempenho da superfície, pois a camada final é a que vai conferir a protecção, a camada abaixo não entra em contacto com o ambiente exterior, portanto não é exposta ao ambiente, não havendo vantagem da sua aplicação.

**Tabela 5.6 – Plano de manutenção para o Sistema S04 – Percentagem de intervenção por produto e ano**

Ano	ZA0[AE]	F03[AG]
0	100%	100%
5	-	100%
10	-	100%
15	-	100%
20	-	100%
25	-	100%
30	Fim de Vida	

Segundo um fabricante, o anti-graffiti tem uma vida útil de 5 anos e de, no máximo, 7 lavagens. Pela sua função de protecção aos graffiti, esta protecção só será aplicada em zonas da fachada acessíveis aos transeuntes ou utilizadores do edifício. Por exemplo, num prédio em zona urbana com duas fachadas expostas ao ar livre, mas em que só uma delas é acessível, será razoável aplicar um anti-graffiti nessa fachada, mas só até uma certa cota, ou seja, entre um e dois pisos. Se se considerar um prédio com 5 andares, com áreas iguais nas fachadas expostas e área da fachada uniformemente distribuída pelos pisos, e considerando que o anti-graffiti é aplicado nos pisos 0 e 1, a área desta protecção representará 20% da área total, devendo os impactes (sejam ambientais ou económicos) ser calculados como em (5.1), em que S0a representa a solução “a” (“a” varia de 1 a 3).

$$Impacte(Total) = 0,8 \times Impacte(S01, S02 \text{ ou } S03) + 0,2 \times Impacte(S04) \quad (5.1)$$

Devido às particularidades deste sistema de protecção, e da sua dependência das condições particulares de cada edifício, o cálculo dos seus impactes será realizado por metro quadrado, não tendo em consideração a totalidade do edifício.

## 5.2.4 Metodologia de cálculo de impactes ambientais e económicos

Os impactes ambientais foram calculados no Capítulo 4 sendo, neste Capítulo 5, somados de forma directa, conforme as percentagens de intervenção de cada produto. Como todos os cálculos no capítulo anterior foram realizados para a unidade funcional [m<sup>2</sup>], a soma aritmética directa é possível. Para o cálculo de impactes económicos, foi necessário considerar uma metodologia de actualização de custos futuros para o presente. Para este trabalho, como o objectivo é a comparação entre produtos, ou seja a uma mesma taxa de inflação, assumiu-se uma análise a preços constantes, portanto o preço de um determinado produto no ano 10 será igual ao preço de hoje. Tendo em vista o cálculo do Custo de Ciclo de Vida (CCV), assumiu-se o método de cálculo de Valor Actualizado de Custo do Ciclo de Vida (VA CCV).

### 5.2.4.1 Valor Actualizado de Custo do Ciclo de Vida – VA CCV

A função desta análise será actualizar para o presente os custos futuros com a manutenção dos sistemas de protecção. Esta análise terá por base o definido na norma ISO 15686-5 [33,34,37]. O método de cálculo terá por base a equação (5.2).

$$VACCV(N) = \sum_{T=0}^N \frac{Custo(T)}{(1+d)^T} \quad (5.2)$$

Em que: *VA CCV* – Valor Actualizado de Custo do Ciclo de Vida; *N* – Período de estudo – 30 anos; *Custo(T)* – Custo de aplicação no ano 0 e de manutenção no ano *T*; *d* – Taxa de actualização real – 1,38%; *T* – Ano ao que este cálculo é referente.

Este cálculo será considerado, como já referido, para *N*=30 anos, e considera-se, como taxa de um investimento seguro, a taxa de juro média ilíquida de “Certificados de Tesouro Poupança Crescimento”,  $d=1,38\%$  [135], disponíveis para compra em Dezembro de 2020 nos “CTT – Correios de Portugal”.

## 5.3 Análise económica e ambiental

### 5.3.1 Sistema S01 – AE

Este sistema, tal como referido no ponto 5.2.3.1, será a referência de comparação para as restantes soluções. Serão primeiro apresentados os dados relevantes para o cálculo, seguidos da apresentação dos resultados dos impactes. Para os cálculos dos impactes ambientais e económico do sistema S01 foram usados os dados apresentados na Tabela 5.7

**Tabela 5.7 - Dados para o cálculo dos impactes ambientais e económico do sistema S01**

Produto	Custo	ADP(ff)	GWP100a	Taxa
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
ZA0[AE]	8,99 €	40,811	3,971	1,38%

Na Tabela 5.8 são apresentados os resultados dos cálculos dos impactes ambientais e económico da solução S01\_1, para uma situação intermédia, com intervenções de 50% da área nos anos 10 e 20.

**Tabela 5.8 – Análise dos impactes ambientais e económico da solução S01\_1 para a situação intermédia**

Ano	Produto	VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	ZA0[AE]	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
0	100%	8,99 €	40,811	3,971
5	0	- €	0,000	0,000
10	50%	3,92 €	20,405	1,985
15	0	- €	0,000	0,000
20	50%	3,42 €	20,405	1,985
25	0	- €	0,000	0,000
30	Fim de Vida			
<b>Ciclo de Vida</b>		<b>16,33 €</b>	<b>81,622</b>	<b>7,942</b>

Na Tabela 5.9 são apresentadas as situações limite de intervenção. É apresentada a melhor situação possível, na qual se considera necessária a reaplicação de acabamento de ETICS em 25% da área nos anos 10 e 20, e o pior caso possível, em que se consideram necessárias intervenções totais nesses mesmos anos.

**Tabela 5.9 - Análise dos impactes ambientais e económico da solução S01\_2 para as situações limite**

Ano	Produto		Custo		ADP(ff)		GWP100a	
	ZA0[AE]		[€/m <sup>2</sup> ]		[MJ/m <sup>2</sup> ]		[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
0	100%		8,99 €		40,811		3,971	
5	0%		0,00 €		0,000		0,000	
10	25%	a 100%	1,96 €	a 7,84 €	10,203	a 40,811	0,993 a 3,971	
15	0%		0,00 €		0,000		0,000	
20	25%	a 100%	1,71 €	a 6,83 €	10,203	a 40,811	0,993 a 3,971	
25	0%		0,00 €		0,000		0,000	
30	Fim de Vida							
<b>Ciclo de Vida</b>			<b>12,66 €</b>	<b>a 23,66 €</b>	<b>61,216</b>	<b>a 122,432</b>	<b>5,956</b>	<b>a 11,913</b>

### 5.3.2 Sistema S02 – AE+BC+HF

Este sistema de protecção consiste na aplicação de um aditivo biocida ao acabamento de ETICS aquando da aplicação inicial da protecção dos ETICS, seguido de um hidrófugo aquoso, que será reaplicado todos os 5 anos, valor que representa a vida útil deste hidrófugo, segundo o fabricante. Na Tabela 5.10 são apresentados os dados utilizados para o cálculo dos impactes ambientais e económicos do sistema S02.

**Tabela 5.10 - Dados para o cálculos dos impactes ambientais e económicos do sistema S02**

Produto	Custo	ADP(ff)	GWP100a	Taxa
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
ZA0[AE]	8,99 €	40,811	3,971	
A01[HF]	3,14 €	2,505	0,248	1,38%
A03[BC]	48,49 €	3,723	0,235	

Os valores apresentados para o biocida consideram o rendimento deste acabamento de ETICS (1,30 l/m<sup>2</sup>). Este biocida aplicado em outro acabamento de ETICS, com outro rendimento, teria valores de impactes ambientais e económicos diferentes por metro quadrado. Na Tabela 5.11 são apresentados os resultados das análises de impactes ambientais e económicos do sistema de protecção S02.

**Tabela 5.11 - Análise dos impactes ambientais e económico da solução S02**

Ano	Produtos			VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	ZA0[AE]	A03[BC]	A01[HF]	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
0	95%	5%	100%	14,11 €	41,462	4,032
5	0%	0%	100%	2,93 €	2,505	0,248
10	0%	0%	100%	2,74 €	2,505	0,248
15	0%	0%	100%	2,56 €	2,505	0,248
20	0%	0%	100%	2,39 €	2,505	0,248
25	0%	0%	100%	2,23 €	2,505	0,248
30	Fim de Vida					
<b>Ciclo de Vida</b>				<b>26,95 €</b>	<b>53,988</b>	<b>5,271</b>

Assume-se que o hidrófugo terá que ser reaplicado todos os 5 anos, por perda da capacidade hidrófuga da superfície. E assume-se que, ao a capacidade hidrófuga ter sido perdida, não existirão problemas na aplicação de um hidrófugo aquoso na superfície que já tinha sido previamente hidrófugada (como explicado anteriormente, existe a possibilidade de, em situações de reaplicação com hidrófugos aquosos em superfícies previamente hidrofugadas com alguma perda de capacidade, haver ainda, alguma capacidade hidrófuga latente que impeça que os hidrófugos em emulsão aquosa consigam penetrar nas superfícies, limitando assim a sua eficácia).

### 5.3.3 Sistema S03 – AE+MF

À semelhança do sistema S02, o sistema S03 caracteriza-se pela aplicação de um acabamento de ETICS revestido por um produto multifuncional. Este produto multifuncional, como já descrito, tem uma vida útil enunciada pelo fabricante de 10 anos.

Na Tabela 5.12 são apresentados os dados para o cálculo dos impactes ambientais e económico desta solução de protecção.

**Tabela 5.12 - Dados para o cálculo dos impactes ambientais e económico do sistema S03**

Produto	Custo	ADP(ff)	GWP100a	Taxa
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
ZA0[AE]	8,99 €	40,811	3,971	1,38%
F04[MF]	5,00 €	6,464	0,432	

Tendo por base estes dados, foram calculados os impactes para o ciclo de vida desta solução, na Tabela 5.13 são apresentados os resultados desta análise.

**Tabela 5.13 - Análise dos impactes ambientais e económico da solução S03**

Ano	Produtos		VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	ZA0[AE]	F04[MF]	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
0	100%	100%	13,99 €	47,274	4,403
5	0%	0%	- €	0,000	0,000
10	0%	100%	4,36 €	6,464	0,432
15	0%	0%	- €	0,000	0,000
20	0%	100%	3,80 €	6,464	0,432
25	0%	0%	- €	0,000	0,000
30	Fim de Vida				
Ciclo de Vida			22,15 €	60,202	5,268

### 5.3.4 Sistema S04 – AE+AG

A solução que considera o acabamento de ETICS revestido por um anti-graffiti é particular, pois será aplicada em simultâneo com outra das soluções já descritas. No entanto, o cálculo dos impactes será realizado pelo mesmo método. A aplicação a um caso de estudo de um edifício em específico deverá, tal como já referido, fazer os cálculos de impacte, tendo em consideração a percentagem de área a ser protegida por esta solução face à totalidade da área de ETICS a ser protegida. Na Tabela 5.14 são apresentados os dados de base.

**Tabela 5.14 - Dados para o cálculo dos impactes ambientais e económico do sistema S04**

Produto	Custo	ADP(ff)	GWP100a	Taxa
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
ZA0[AE]	8,99 €	40,811	3,971	1,38%
F03[AG]	5,00 €	12,264	1,112	

Na Tabela 5.15 são apresentados os resultados dos estudos de impactes ambientais e económicos na vida útil desta solução.

**Tabela 5.15 - Análise dos impactes ambientais e económico da solução S04**

Ano	Produtos		VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	ZA0[AE]	F03[AG]	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
<b>0</b>	100%	100%	13,99 €	53,075	5,083
<b>5</b>	0%	100%	4,67 €	12,264	1,112
<b>10</b>	0%	100%	4,36 €	12,264	1,112
<b>15</b>	0%	100%	4,07 €	12,264	1,112
<b>20</b>	0%	100%	3,80 €	12,264	1,112
<b>25</b>	0%	100%	3,55 €	12,264	1,112
<b>30</b>			Fim de Vida		
<b>Ciclo de Vida</b>			<b>34,44 €</b>	<b>114,397</b>	<b>10,643</b>

O anti-graffiti F03[AG] tem uma vida útil de 5 anos, ou até 7 lavagens, portanto considerar a reaplicação total a cada 5 anos pode ser considerado conservativo, principalmente em zonas particularmente sujeitas a actos de vandalismo onde seja necessária a limpeza das superfícies mais do que uma vez por ano, todos os anos. No entanto, em termos médios, pode considerar-se uma boa aproximação.

### 5.3.5 Análise crítica

Na Tabela 5.16 são apresentados os impactes ambientais e económico de todas as soluções, para o ciclo de vida de um sistema ETICS.

**Tabela 5.16 - Quadro resumo dos impactes ambientais e económico de todas as soluções**

Solução	VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
<b>S01_2 (Min)</b>	12,66 €	61,216	5,956
<b>S01_1</b>	16,33 €	81,622	7,942
<b>S01_2 (Máx)</b>	23,66 €	122,432	11,913
<b>S02</b>	26,95 €	53,988	5,271
<b>S03</b>	22,15 €	60,202	5,268
<b>S04</b>	34,44 €	114,397	10,643

Neste caso a solução mais económica será a S01\_2 (Min), que representa a solução de acabamento de ETICS sem protecção adicional, com reaplicação de 25% da área total de ETICS nos anos 10 e 20. No entanto, apesar do menor custo, esta solução não apresenta o menor impacte ambiental. A solução com menor impacte em

ADP(ff) é a solução S02, que representa a solução de acabamento de ETICS com biocida, revestida a hidrófugo. Em termos de GWP100a, o menor valor é o da solução S03, mas a solução S02 tem um valor apenas 0,003 [kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>] superior, que representa 0.06%, o que, do ponto de vista prático, torna estas soluções, fundamentalmente, iguais em GWP100a. Portanto do ponto de vista ambiental, a solução S02 é a mais favorável tendo em conta as categorias consideradas, mas devem ser realizados complementarmente estudos de toxicidade com esta solução de forma a verificar o efeito do biocida.

A solução S04 é a mais onerosa economicamente, e para além disso apresenta impactes ambientais muito próximos da solução S01\_2 (Máx), em que se reaplica a totalidade do acabamento de ETICS a cada 10 anos. Apesar da solução S04 ser constituída por anti-*graffiti*, e assim não competir com as restantes, é relevante notar que esta é uma solução com custos muito elevados em todas as frentes, pelo que a sua área será sempre minimizada.

As soluções S01, S02 e S03 competem entre si na prática. S02 e S03 apresentam um maior custo económico, mas menores impactes ambientais que S01, e S02 tem maior custo que S03, e impactes ambientais ligeiramente mais baixos. Portanto, só com uma análise multicritério (desenvolvida na secção seguinte), ou uma monetização dos impactes ambientais (via método eco-cost ou outro [136,137]), se poderá suportar uma solução definitiva.

## 5.4 Análise multicritério

### 5.4.1 Metodologia

Numa primeira apresentação de resultados, considerou-se cada categoria do desempenho de forma individual. Com base nesses dados é possível atribuir valores normalizados no intervalo [0, 1] para todas as cinco soluções consideradas. Para esta análise, a solução S04 será desconsiderada pois não compete com as restantes em função. Esta secção apresenta assim uma metodologia de escolha de um sistema de protecção de ETICS genérico, e não para a situação particular de protecção aos *graffiti*.

Assume-se que o valor normalizado de 1 representa a melhor solução possível, e 0 a pior solução possível. Para atribuir valores normalizados no intervalo [0, 1], consideram-se os seguintes passos:

- i. Determinam-se os valores máximos e mínimos por categoria de desempenho;
- ii. Calcula-se a diferença entre o máximo e o mínimo;
- iii. Aplica-se a equação (5.3) a cada impacte em cada categoria;

$$\text{Valor Normalizado} = \frac{\text{Impacte a Normalizar} - \text{Impacte Mínimo da Categoria}}{\text{Diferença entre os Impactes Máximo e Mínimo da Categoria}} \quad (5.3)$$

Assim, são obtidos três valores no intervalo [0, 1] para cada solução, relativos a VACCV, ADP(ff) e GWP100a. Numa primeira análise, considera-se que todas as categorias têm o mesmo peso, portanto estes três valores serão somados entre si, e divididos por 3, obtendo-se assim, um valor global no intervalo [0, 1] para o desempenho ambiental e económico de cada solução.

O passo seguinte será considerar pesos diferentes para as diferentes categorias de impacte de modo a concretizar uma análise de sensibilidade destes pesos. Neste ponto assumiu-se que a importância de ADP(ff) e GWP100a será sempre igual entre si, sendo a única variável o peso de impacte económico vs. o peso dos impactes ambientais. Ou seja, na situação em que se considera que o custo terá um peso de 60%, e o impacte ambiental 40%, ADP(ff) e GWP100a terão um peso de 20% cada. Esta decisão prende-se com a análise dos gráficos do Capítulo 4 em que se verifica que há uma correlação entre ADP(ff) e GWP100a na vasta maioria dos casos, portanto não existem variações relativas significativas entre estes dois valores, pelo que considerar pesos diferentes não traria resultados significativamente diferentes.

## 5.4.2 Normalização dos valores de impacte

Na Tabela 5.17 são apresentados os valores dos impactes ambientais e económico a normalizar, para aplicar na análise multicritério.

**Tabela 5.17 - Valores de impacte a normalizar**

Solução	VA CCV	ADP(ff)	GWP100a
	[€/m <sup>2</sup> ]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]
<b>S01_2 (Min)</b>	12,66 €	61,216	5,956
<b>S01_1</b>	16,33 €	81,622	7,942
<b>S01_2 (Máx)</b>	23,66 €	122,432	11,913
<b>S02</b>	26,95 €	53,988	5,271
<b>S03</b>	22,15 €	60,202	5,268
<b>Mínimo</b>	12,66 €	53,988	5,268
<b>Máximo</b>	26,95 €	122,432	11,913
<b>Diferença</b>	14,29 €	68,444	6,644

O passo seguinte será a aplicação da equação (1.3) para a normalização destes valores a valores relativos no intervalo [0, 1]. Esta normalização pode ser observada na Tabela 5.18 onde estão apresentados os valores normalizados de cada impacte em relação à sua própria categoria.

**Tabela 5.18 - Valores dos impactes normalizados**

Solução	VA CCV	ADP(ff)	GWP100a	Soma	Normalização
<b>S01_2 (Min)</b>	1,00	0,89	0,90	2,79	0,93
<b>S01_1</b>	0,74	0,60	0,60	1,94	0,65
<b>S01_2 (Máx)</b>	0,23	0,00	0,00	0,23	0,08
<b>S02</b>	0,00	1,00	1,00	2,00	0,67
<b>S03</b>	0,34	0,91	1,00	2,24	0,75

As colunas VA CCV, ADP(ff) e GWP100a representam os impactes relativos, tendo só em conta os valores máximos e mínimos de cada categoria, ou coluna. Assim, S01\_2 (Min) tem um valor normalizado de 1 na categoria VA CCV, o que significa que o seu custo é igual ao menor custo. Já a solução S02, também em VA CCV tem um valor normalizado de 0, o que significa que o tem um custo igual ao maior custo de todos os sistemas. A coluna de “Soma” representa uma soma aritmética de todos os valores normalizados de impacte de cada sistema. A coluna “Normalização” é simplesmente uma redução da “Soma” novamente para o intervalo [0, 1], assumindo pesos iguais para todas as categorias, portanto simplesmente se divide o valor presente em “Soma” pelo número de categorias, ou seja, 3.

Na Figura 5.2 é apresentada a representação gráfica dos valores dos impactes normalizados das diversas soluções em estudo, antes da atribuição de pesos às diferentes categorias de impacte.

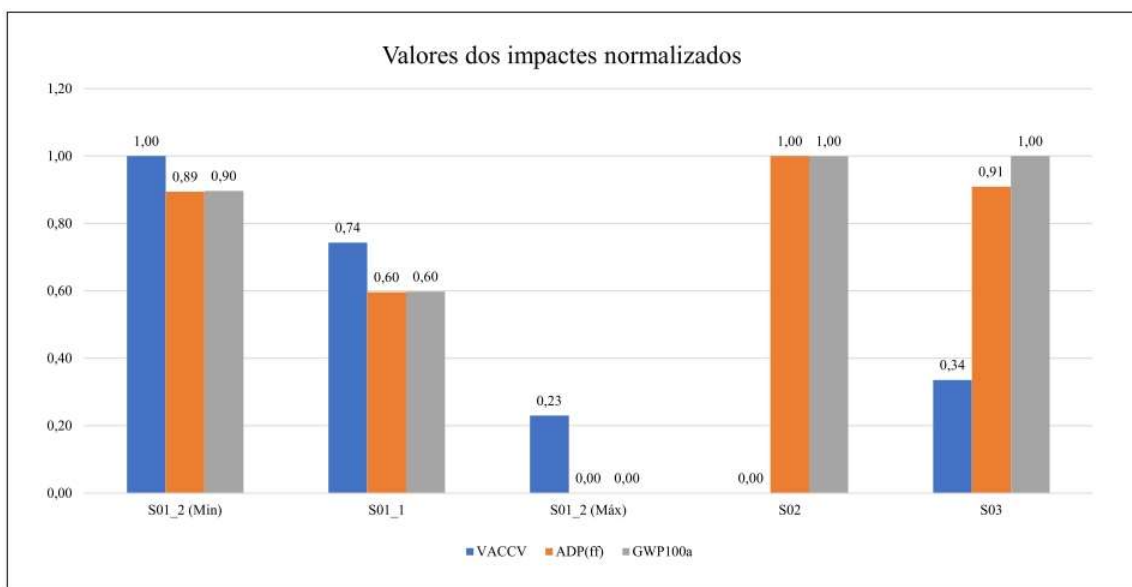


Figura 5.2 - Representação gráfica dos valores dos impactes normalizados das várias soluções

De seguida, na Tabela 5.19, ir-se-á verificar a influência de diferentes pesos para VA CCV e para o impacte ambiental, representado por ADP(ff)+GWP100a, na hierarquia final das soluções.

Tabela 5.19 - Influência da variação de pesos entre impactes ambientais e económico

Combinação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
$\lambda_{VACCV}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,00	
$\lambda_{ADP(ff)}$	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
$\lambda_{GWP100a}$	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	
S01_2 (Min)	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	
S01_2 (Máx)	0,23	0,21	0,18	0,16	0,14	0,11	0,09	0,07	0,05	0,02	0,00	
S01_1	0,74	0,73	0,71	0,70	0,68	0,67	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	
S02	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
S03	0,34	0,40	0,46	0,52	0,58	0,65	0,71	0,77	0,83	0,89	0,95	
Código de cores		Melhor solução (sem S01_2)						Solução intermédia (sem S01_2)				
		Pior solução (sem S01_2)						Soluções limite (S01_2)				

Esta análise foi realizada com a equação (5.4).

$$AM(S0x) = \lambda_{VACCV} \times IR_{VACCV}(S0x) + \lambda_{ADP(ff)} \times IR_{ADP(ff)}(S0x) + \lambda_{GWP100a} \times IR_{GWP100a}(S0x) \quad (5.4)$$

Onde:

- AM – Análise Multicritério;
- S0x – Solução x,  $x \in [1, 3]$ ;
- $\lambda$  – Peso de cada categoria;
- IR – Impacte Normalizado de cada solução, em cada categoria.



Na Figura 5.3 está representada de forma gráfica, a análise multicritério efectuada, para as soluções S01\_1, S02 e S03, considerando as 11 combinações de pesos assumidas na Tabela 5.19.

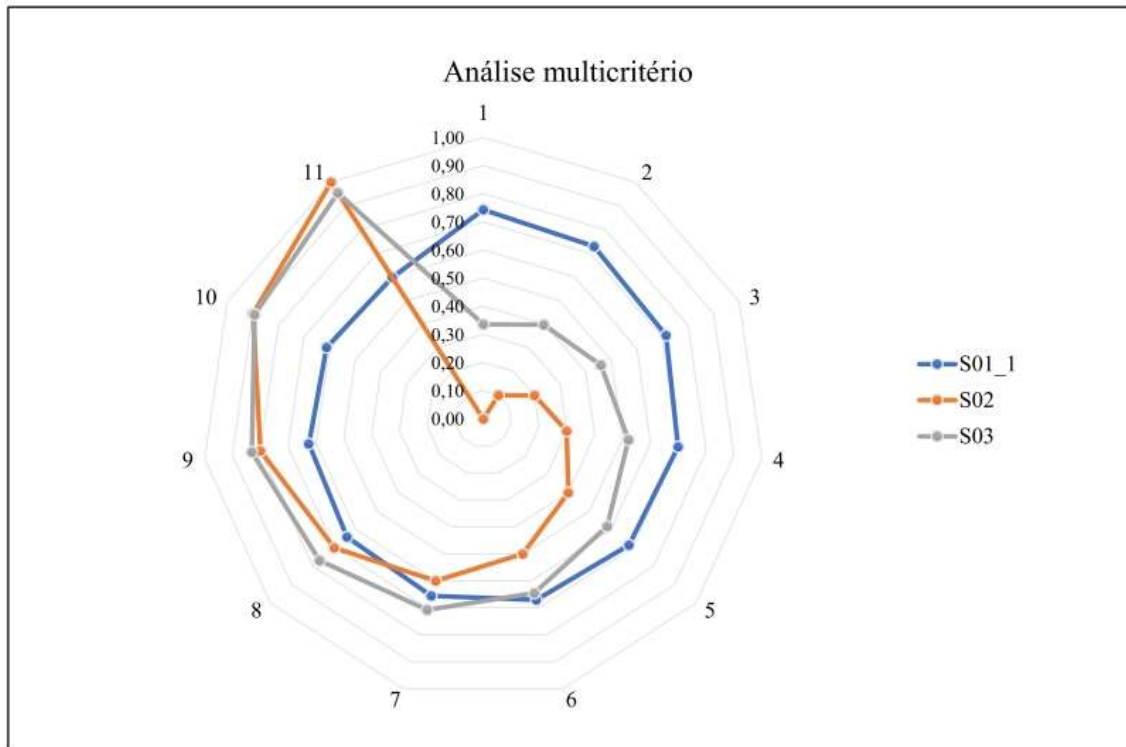


Figura 5.3 - Análise multicritério das soluções em estudo, para as diversas combinações de pesos consideradas

### 5.4.3 Análise de resultados

Segundo a Tabela 5.19, a solução S01\_2 (Mín) é a melhor em 91% das situações. No entanto, esta é uma situação limite que não representa a vasta maioria das intervenções necessárias na vida útil de um ETICS, já que a inclusão desta solução em conjunto com a S01\_2 (Máx) serve para dar um intervalo com limites mínimos e máximos, pelo que, ainda que útil para existir uma ordem de grandeza para intervenções mínimas, deve ser desconsiderada para a análise geral.

Portanto, e não considerando S01\_2 (Mín), a melhor solução passa a ser variável conforme os pesos que são considerados. Em situações em que o custo, na forma de VACCV, seja determinante, a solução S01\_1 é a que obtém melhores resultados, para um peso no coeficiente de custo até 0,5. Para coeficientes de custo entre os 0,4 e 0,2, ou seja, para situações que a componente ambiental seja mais determinante, com pesos entre 0,6 e 0,8, a solução que melhor resultados obtém é a S03. Considerando a componente ambiental com um peso de 0,9, as soluções S02 e S03 são semelhantes, tendo a solução S02 a vantagem. Para a situação em que só os impactes ambientais são importantes, a solução S02 é, novamente, a que tem melhor desempenho.

No caso das piores soluções, também aqui se destaca a solução S01\_2 (Máx), que, tal como a S01\_2 (Mín), não é representativa de uma situação corrente, mas apenas um limite, e que por isso foi desconsiderada. A solução S02 que, do ponto de vista ambiental é a melhor, se se considerar o ponto de vista económico, esta solução torna-se muito pouco atraente, sendo a pior no intervalo [0,4; 1,0] para o coeficiente de peso de VACCV. A solução S01\_1 é a pior no restante intervalo, ou seja, para o peso de VACCV no intervalo [0,0; 0,3].

## 5.5 Conclusão do capítulo

A definição de qual a “melhor solução” dependerá sempre daquilo a que se dá valor. Ou seja, não há “a melhor solução”, existem soluções melhores do ponto de vista ambiental, e outras do ponto de vista económico, e soluções intermédias, que fazem concessões dos dois lados. Assim, “a melhor solução” depende sempre dos objectivos do dono de obra. Portanto é possível escolher o melhor compromisso entre custo e impactes ambientais para a manutenção de um sistema ETICS em 30 anos.

Contudo, esta análise é muito sensível a alterações. Para a mesma foi usada a simplificação de não considerar os custos ou impactes ambientais da aplicação dos produtos ou a etapa de fim de vida. Esta simplificação poderá ter um impacte significativo, principalmente na solução S02 face às restantes, pois esta solução considera reaplicação do hidrófugo a cada 5 anos, enquanto que as restantes soluções (com a excepção da S04) só consideram reaplicação a cada 10 anos. Portanto pode haver uma comparação directa entre S01 e S03, pois os custos de lavagem, montagem de andaimes e mão de obra são semelhantes. Contudo, para a S02, estes impactes serão bastante superiores, pois são consideradas 5 intervenções face a 2 em S01 e S03 (excluindo a aplicação inicial).

Para além disso, há a questão de considerar se haverá necessidade de reaplicação de hidrófugo todos os 5 anos. Como nas soluções S01, em que só se considera o acabamento de ETICS, se admitem intervenções a cada 10 anos, é razoável questionar se haverá necessidade de, aplicando uma protecção inicial de hidrófugo no ano 0, haverá uma degradação tal que justifique uma intervenção aos 5 anos para reaplicação de hidrófugo. Contudo, esta questão só poderá ser respondida com mais investigação laboratorial em que se estuda o impacte dos produtos de protecção na vida útil dos ETICS.

Assim, admitiu-se a simplificação de não considerar a aplicação nestes cálculos pois, entre as soluções S01 e S03, os impactes da aplicação serão semelhantes e, no caso da solução S02, o cronograma de manutenção estará sobredimensionado com as reaplicações de hidrófugo todos os 5 anos, portanto considerar os impactes das aplicações estaria a penalizar esta solução duplamente.

## Capítulo 6 Conclusões e desenvolvimentos futuros

### 6.1 Conclusões gerais

O objectivo deste trabalho foi o de analisar de uma forma pragmática, clara e objectiva, os diversos produtos de protecção de ETICS que existem no mercado, ao nível do seu desempenho ambiental e económico. Iniciou-se com uma pesquisa exaustiva de estado da arte dos diversos produtos, pesquisando prós e contras dos diferentes tipos e formulações, incluindo inovações recentes e trabalhos de investigação que darão resultados num futuro próximo.

Para a análise ambiental, foram escolhidos os indicadores ambientais de potencial de depleção abiótica de combustíveis fósseis (ADP(ff)) e potencial de aquecimento global a 100 anos (GWP100a). A nível económico, utilizou-se a metodologia CCV (custo de ciclo de vida), na forma de VACCV a preços constantes.

O primeiro desafio com que este trabalho se deparou, foi a recolha de informação. Na fase de revisão de mercado, em que foram identificados 125 produtos nas diferentes categorias consideradas:

- 41 hidrófugos;
- 16 biocidas;
- 26 anti-graffiti;
- 12 multifuncionais;
- 27 acabamentos de ETICS;
- 3 tintas.

Destes, foram recolhidas as fichas técnicas (FT), fichas de dados de segurança (FDS) e avaliações técnicas europeias (ATE) (para os acabamentos de ETICS que possuem este documento) sempre que disponíveis. Para a generalidade dos produtos, foi possível recolher as FT, contudo, no caso das FDS, isso nem sempre foi possível. Como uma parte significativa da informação disponibilizada pelos fabricantes se encontra em FDS, todos os produtos em que não foi possível obter este documento, não foram considerados para o estudo, passando assim dos 125 produtos identificados para 89.

Como a FDS é um documento obrigatório, a informação disponibilizada pelos fabricantes é organizada da mesma forma, com a mesma informação. Este facto facilitou o processamento dos dados, no entanto, a quantidade de informação disponível, em grande parte das FDS, é reduzida nos componentes (dado que são focadas na segurança), sendo enumerados poucos constituintes e, mesmo quando é enunciada a proporção destes constituintes, é-o em intervalos grandes, que têm grande influência nos resultados finais deste trabalho.

Após ser recolhida a informação referida, e da sua sistematização para tratamento detalhado, o problema com que este trabalho se deparou de seguida foi a atribuição de processos no *software SimaPro* para o cálculo dos impactes ambientais. As bases de dados são finitas, portanto os processos disponíveis para consulta são, também eles, finitos. Assim, não é possível garantir que os constituintes que foram listados na fase de recolha de informação, terão correspondência directa nos processos disponíveis no *SimaPro*. Portanto foi necessário neste ponto correlacionar constituintes com processos, tendo por base a composição química e função destes últimos.

Como a quantidade e a qualidade de informação são muito variáveis, desenvolveu-se nesta dissertação um critério qualitativo de atribuição de níveis de qualidade de informação (NQI) em que os produtos são qualificados no intervalo [0, 5] com 0 a significar “sem informação”, e 5 “informação total”. Este índice foi utilizado para escolher os produtos a tratar e como ferramenta de discussão dos resultados. Com este indicador em mente, dos 89 produtos com FT e FDS, apenas 53 apresentaram informação relevante para análise.

É importante referir que, para se chegar ao cálculo de impactes ambientais, foram feitas várias aproximações, impossíveis de evitar, mas com uma influência relevante nos resultados finais. No entanto, no caso dos acabamentos, foi possível encontrar uma marca de tintas cujos produtos foram avaliados ambientalmente na forma de uma declaração ambiental de produto (DAP), e onde estavam listados os impactes em ADP(ff) e GWP100a. Foi assim possível usar dois produtos deste fabricante como controlo dos restantes, tendo-se

concluído que os resultados a que este trabalho chegou, mesmo com informação em falta e/ou de baixa qualidade, são verosímeis.

## 6.2 ACV ambiental

Tendo por base todas as limitações discutidas foi, no entanto, possível chegar a resultados para os impactes ambientais. Através da utilização de produtos-tipo (representados por “Zab” em que “ab” significa um número de dois dígitos, que é atribuído a cada produto-tipo calculado), que representam médias das categorias de produtos a que se aplicam, e que foram usados como representativos dessas, é minimizado o impacte do índice NQI, principalmente em categorias mais numerosas. Desta forma, conclui-se que:

- Como seria de esperar, os produtos com base solvente têm impactes ambientais muito superiores aos de base aquosa;
- Produtos hidrófugos com princípio activo do tipo siloxano têm impactes ambientais muito superiores aos que possuem os restantes princípios activos;
- Biocidas têm impactes ambientais baixos por metro quadrado aplicado, nos indicadores escolhidos;
- O baixo impacte dos biocidas deve-se ao nível de regulação europeia do ECHA, entidade responsável pela supervisão da utilização de produtos químicos na Europa, que limita as proporções destes em produtos finais;
- Não se considera informação de toxicidade neste estudo, o que poderá ser relevante para estudos com maior foco em biocidas;
- Nos anti-*graffiti*, os produtos permanentes apresentam impactes ambientais muito superiores (cerca do dobro) aos sacrificiais (devido a um NQI de 3, o produto semi-permanente é referido, mas não é considerado na análise);
- Os produtos multifuncionais, principalmente os de superhidrofugação e fotocatalíticos, são categorias de produtos recentes, e com baixa utilização;
- Produtos fotocatalíticos apresentam impactes ambientais superiores aos dos hidrófugos aquosos (impactes na ordem de mais 50%);
- Todos os acabamentos de ETICS e tintas considerados são de base aquosa;
- Os impactes mais relevantes desta categoria (AE e TT), partem dos constituintes responsáveis pela criação de película (acrílicos, resinas de silicone, entre outros) ou de outras adições como o dióxido de titânio, cuja função não é clara, podendo ser usado como pigmento branco, como fotocatalítico ou ambos.

Em termos de soluções compostas, considerou-se um acabamento de ETICS ou tinta, e uma solução de protecção, que pode ser:

- Biocida com hidrófugo (base aquosa ou solvente);
- Multifuncional (película, superhidrófugo ou fotocatalítico);
- Anti-*graffiti*.

Neste ponto, onde se conjugaram as soluções, concluiu-se que:

- A solução biocida com hidrófugo aquoso não provoca um aumento significativo de impactes ambientais quando conjugada com acabamentos de ETICS ou tintas, apresentando, no pior cenário, um aumento de  $\approx 42\%$  em ADP(ff) e  $\approx 93\%$  em GWP100a mas em média um aumento de  $\approx 20\%$  e  $\approx 27\%$  em ADP(ff) e GWP100a, respectivamente;
- A solução biocida com hidrófugo de base solvente, aumenta os impactes ambientais dos acabamentos de ETICS de forma significativa, com aumentos no intervalo [24,1%, 781,0%] em ADP(ff) e [5,8%, 302,7%] em GWP100a, e médias de  $\approx 285\%$  e  $\approx 89\%$  em ADP(ff) e GWP100a, respectivamente;
- Nos multifuncionais, a solução com menores aumentos de impacte ambiental nos acabamentos de ETICS é a dos fotocatalizadores, que apresenta um aumento dos impactes no intervalo [6,4%, 120,1%] em ADP(ff) e [4,2%, 164,4%] em GWP100a, com média de  $\approx 47\%$  em ADP(ff) e de  $\approx 48\%$  em GWP100a;

- A solução anti-*graffiti* sacrificial apresenta um aumento de impactes nos intervalos [7,8%, 146,1%] e [20,4%, 44,7%] em ADP(ff) e GWP100a, com médias de  $\approx 58\%$  em ADP(ff) e  $\approx 13\%$  em GWP100a;
- A solução anti-*graffiti* permanente aumenta os impactes ambientais nos intervalos [18,8%, 354,6%] em ADP(ff) e [20,4%, 798,1%] em GWP100a, com médias de  $\approx 140\%$  e  $\approx 232\%$  em ADP(ff) e GWP100a, respectivamente.

Há a considerar que estes valores são apenas para uma primeira aplicação, e que não consideram a vida útil do sistema ETICS em que serão aplicados. No caso dos anti-*graffiti*, a escolha entre uma solução sacrificial e permanente será, em muito, influenciada pelo risco de vandalismo a que o edifício estará exposto, pelo intervalo de tempo entre lavagens, e pela durabilidade dos produtos em termos de lavagens e de envelhecimento natural.

Nas soluções de biocida com hidrófugo, a escolha clara é pelo hidrófugo com base aquosa, face ao hidrófugo com base solvente pois o aumento dos impactes ambientais é muito inferior no caso dos produtos de base aquosa.

Na análise entre a solução biocida com hidrófugo e a multifuncional, dever-se-á ter em consideração a durabilidade das soluções e o que o dono de obra pretende como objectivo de protecção. No caso de o aspecto estético do edifício ser de grande importância, a escolha de um produto multifuncional ajudará a prolongar no tempo uma superfície limpa de contaminantes químicos e biológicos, mantendo-a livre de manchas. Os hidrófugos contribuem para a diminuição da bioreceptividade da superfície, minimizando a quantidade de água disponível para os microorganismos se desenvolverem, tendo portanto também um papel a desempenhar na manutenção de uma superfície sem manchas.

### 6.3 ACV ambiental e económico

Para a avaliação do ciclo de vida ambiental e económico, foram apenas considerados alguns produtos, que foram escolhidos tendo por base o projecto WGB\_Shield no âmbito do qual esta dissertação se desenvolve. Como existem parcerias com alguns fabricantes, foram considerados os produtos em foram fornecidos dados de forma mais completa.

Foram considerados dois acabamentos de ETICS que deram origem a um produto-tipo a que foi dada a designação de ZA0[AE], bem como um biocida, um hidrófugo aquoso, um multifuncional fotocatalítico e um anti-*graffiti* permanente. Para o ciclo de vida do sistema ETICS, teve-se por base o definido pela ETAG 004 [43], bem como vários trabalhos de investigação anteriores [132,138] que ajudaram a definir a vida útil média de um sistema ETICS como 30 anos. Tendo por base esta vida útil, foram desenhados vários cronogramas de manutenção, desta vez baseados não em resultados reais ou trabalhos de investigação sobre a durabilidade das soluções, mas nas vidas úteis enunciadas pelos fabricantes.

Assim, foram calculados os impactes ambientais nas categorias ADP(ff) e GWP100a, bem como o impacte económico, de cada solução, ao longo dos 30 anos. Para o impacte económico, foi utilizada a metodologia VACCV a preços constantes.

No caso da solução base, em que só é aplicado o acabamento de ETICS com ATE, consideraram-se 3 situações: uma situação intermédia, que é a melhor para comparação com as restantes soluções, em que se reaplica 50% do acabamento de ETICS aos anos 10 e 20; e as situações limite que prevêm intervenções entre 25% e 100% nestes mesmos anos. Este intervalo representa um “melhor cenário possível” e um “pior cenário possível”.

Como são calculados três indicadores diferentes (VACCV, ADP(ff) e GWP100a), foi necessário realizar uma análise de sensibilidade que consiga atribuir pesos às diferentes categorias numa análise multicritério, e compare o desempenho económico e ambiental das soluções em estudo.

Esta análise multicritério foi realizada assumindo que o peso de ADP(ff) e GWP100a é sempre igual entre si, havendo só variação entre o peso para a componente económica (VACCV) e o peso para a componente ambiental (ADP(ff)+GWP100a).

Considerando um peso igual para todas as categorias (1/3 para VACCV, 1/3 para ADP(ff) e 1/3 para GWP100a), a melhor solução é a que é constituída somente pelo acabamento de ETICS, com reaplicação de 25% nos anos 10 e 20. Como referido, esta é uma situação limite e não média, pelo que, se for desconsiderada, a melhor solução será a S03, que consiste no acabamento de ETICS com multifuncional, com reaplicação só do multifuncional aos anos 10 e 20.

Ainda assim, conforme o dono de obra, o peso das componentes económica e ambiental poderá ser diferenciado, pelo que se considerou importante apresentar um intervalo de pesos para estas categorias, criando um espectro de soluções com o desempenho ideal, conforme os objectivos.

Assim, e voltando a ignorar as situações limite (S01\_2 (Min) e S01\_2 (Máx)) a melhor solução é, conforme o peso da componente económica (PCE) e ambiental (PCA):

- Para PCA em [0,0; 0,5] e PCE em [0,5; 1,0] – S01\_1, ou seja, só o acabamento de ETICS, com reaplicações de 50% nos anos 10 a 20;
- Para PCA em [0,6, 0,8] e PCE em [0,2; 0,4] – S03, ou seja, acabamento de ETICS com protecção de multifuncional, reaplicado aos 10 e 20 anos;
- Para PCA em [0,9; 1,0] e PCE em [0,0; 0,1] – S02, ou seja, acabamento de ETICS com biocida e hidrófugo aquoso, com reaplicação do hidrófugo aos 5, 10, 15, 20 e 25 anos, é a solução com melhor desempenho.

Portanto, para uma solução equilibrada económica e ambientalmente, a opção S03, com acabamento de ETICS revestido a multifuncional fotocatalisador, com reaplicação do fotocatalisador aos 10 e 20 anos, é a melhor solução.

Os objectivos de quantificação de impactes das soluções, a que esta dissertação se propôs, foram atingidos, contudo há que ter em consideração a qualidade dos dados utilizados. Foram precisamente a qualidade e quantidade da informação os maiores desafios e limitações com que este trabalho se deparou.

## 6.4 Perspectivas de desenvolvimento futuro

Este trabalho deparou-se com muitas limitações ao nível da quantidade e qualidade da informação disponível, bem como ao nível do seu tratamento, do ponto de vista do desempenho ambiental. Outro problema foi a falta de acesso a estudos de durabilidade, incluindo o impacte da protecção na vida útil dos ETICS. Portanto, para desenvolvimentos futuros, sugere-se a investigação nas seguintes áreas:

- Durabilidade de acabamentos de ETICS;
- Durabilidade de produtos de protecção, nomeadamente hidrófugos, biocidas, multifuncionais e anti-graffiti;
- Verificação do impacte da aplicação, de soluções de protecção a acabamentos de ETICS do ponto de vista da durabilidade;
- Avaliação da toxicidade dos biocidas e dos seus lixiviados;
- Componentes dos vários produtos, por forma a que uma análise de impactes ambientais dos vários componentes não listados em FDS seja considerada;
- Análise de sensibilidade à variação dos impactes económicos e ambientais dos produtos tendo em conta os intervalos de percentagem de cada componente;
- Desenvolvimento de trabalhos em termos da vida útil do sistema de ETICS, que tenha em conta os impactes económicos e ambientais da montagem e desmontagem de andaimes, entre outros, para que se possam desenvolver análises multicritério com maior precisão;
- Desenvolvimento de metodologias pragmáticas na aferência de critérios de qualidade de informação, como o NQI apresentado nesta dissertação;
- Considerar outros indicadores ambientais (que não o ADP(ff) e GWP100a) que possam ser também relevantes, para uma compreensão mais profunda e holística dos impactes dos produtos.

## Referências bibliográficas

- [1] G.K.C. Ding, Lifecycle Assessment of Building Materials – A Cradle-to-Gate Approach, Ref. Modul. Mater. Sci. Mater. Eng. (2018). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10542-9>.
- [2] C.K. Chau, T.M. Leung, W.Y. Ng, A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings, Appl. Energy. 143 (2015) 395–413. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>.
- [3] M.Z. Hauschild, R.K. Rosenbaum, S.I. Olsen, Life Cycle Assessment: Theory and Practice, 1st ed., Springer International Publishing, Cham, Suíça (2018). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3>.
- [4] I.M.C.S. Illankoon, V.W.Y. Tam, K.N. Le, Life Cycle Cost Analysis for Green Buildings, in: Encycl. Renew. Sustain. Mater., Elsevier, Penrith, Australia, (2020): pp. 489–499. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10784-2>.
- [5] F. Iraldo, C. Facheris, B. Nucci, Is product durability better for environment and for economic efficiency? A comparative assessment applying LCA and LCC to two energy-intensive products, J. Clean. Prod. 140 (2017) 1353–1364. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.017>.
- [6] J.D. Silvestre, Tese de Doutorado em Engenharia Civil: Life Cycle Assessment “from cradle to cradle” of building assemblies - Application to external walls, Universidade de Lisboa - Lisboa, Portugal, (2012).
- [7] M. Pinheiro, Ambiente E Construção Sustentável, 1st ed., Instituto do Ambiente, Amadora, Portugal, (2006).
- [8] Guidelines for Life-Cycle Assessment: A “Code of Practice,” Environ. Sci. Pollut. Res. 1 (1994) 55–55. <https://doi.org/10.1007/BF02986927>.
- [9] W. Klopffer, B. Grahl, Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice, 1st ed., Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Alemanha, (2014).
- [10] International Organization for Standardization, EN 14040:2006 - Environmental management - Life-cycle assessment - Principles and framework, (2006).
- [11] International Organization for Standardization, EN 14044:2006 - Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines, (2006).
- [12] International Organization for Standardization, EN 15643-1:2010 - Sustainability of construction works - Sustainability assessment of buildings - Part 1 : General framework, (2010).
- [13] International Organization for Standardization, EN 15643-2:2011 - Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Pt 2 : Framework for the assessment of environmental performance, (2011).
- [14] International Organization for Standardization, EN 15643-3:2012 - Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Pt 3 : Framework for the assessment of social performance, (2012).
- [15] International Organization for Standardization, EN 15643-4 Sustainability of construction works - Assessment of buildings - Pt 4 : Framework for the assessment of economic performance, (2012).
- [16] International Organization for Standardization, EN 15643-5:2017 - Sustainability of construction works. Sustainability assessment of buildings and civil engineering works. Framework on specific principles and requirement for civil engineering works, (2017).
- [17] International Organization for Standardization, EN 15804:2012+A2:2019 - Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products, (2019).
- [18] European Committee for Standardization, CEN 15978:2011 Sustainability of construction works -

Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method, (2011).

- [19] J.D. Silvestre, J. De Brito, M.D. Pinheiro, Environmental impacts and benefits of the end-of-life of building materials - Calculation rules, results and contribution to a “cradle to cradle” life cycle, *J. Clean. Prod.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.028>.
- [20] I.F. Häfliger, V. John, A. Passer, S. Lasvaux, E. Hoxha, M.R.M. Saade, G. Habert, Buildings environmental impacts’ sensitivity related to LCA modelling choices of construction materials, *J. Clean. Prod.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.052>.
- [21] A. Takano, S. Winter, M. Hughes, L. Linkosalmi, Comparison of life cycle assessment databases: A case study on building assessment, *Build. Environ.* 79 (2014) 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.025>.
- [22] E.C. Peereboom, R. Kleijn, S. Lemkowitz, S. Lundie, Influence of Inventory Data Sets on Life-Cycle Assessment Results: A Case Study on PVC, *J. Ind. Ecol.* 2 (1998) 109–130. <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.3.109>.
- [23] C.K. Anand, B. Amor, Recent developments, future challenges and new research directions in LCA of buildings: A critical review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.058>.
- [24] R. Frischknecht, N. Jungbluth, H. Althaus, G. Doka, R. Dones, T. Heck, S. Hellweg, R. Hirschler, T. Nemecek, G. Rebitzer, M. Spielmann, G. Wernet, Ecoinvent V2.0 - Overview and Methodology, Dubendorf, Suíça, (2007). [http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/01\\_OverviewAndMethodology.pdf](http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/01_OverviewAndMethodology.pdf).
- [25] J.D. Silvestre, S. Lasvaux, J. Hodková, J. de Brito, M.D. Pinheiro, NativeLCA - a systematic approach for the selection of environmental datasets as generic data: application to construction products in a national context, *Int. J. Life Cycle Assess.* 20 (2015) 731–750. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0885-8>.
- [26] International Organization for Standardization, EN 14025:2006 - Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures, (2006).
- [27] DAPHabitat: Cooperação Internacional, (2020). [https://daphabitat.pt/pt\\_PT/cooperacao-internacional/](https://daphabitat.pt/pt_PT/cooperacao-internacional/) (accessed March 4, 2020).
- [28] R.S. Heralova, Life Cycle Costing as an Important Contribution to Feasibility Study in Construction Projects, in: *Procedia Eng.*, (2017). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.031>.
- [29] P. Gluch, H. Baumann, The life cycle costing (LCC) approach: A conceptual discussion of its usefulness for environmental decision-making, *Build. Environ.* (2004). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.10.008>.
- [30] Y.S. Sherif, W.J. Kolarik, Life cycle costing: Concept and practice, *Omega.* 9 (1981) 287–296. [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(81\)90035-9](https://doi.org/10.1016/0305-0483(81)90035-9).
- [31] H.E. Marshall, Building economics in the United States, *Constr. Manag. Econ.* 5 (1987) S43–S52. <https://doi.org/10.1080/01446193.1987.10462092>.
- [32] D. Senthil Kumaran, S.K. Ong, R.B.H. Tan, A.Y.C. Nee, Environmental life cycle cost analysis of products, *Environ. Manag. Heal.* 12 (2001) 260–276. <https://doi.org/10.1108/09566160110392335>.
- [33] International Organization for Standardization, ISO 15686-5:2008 - Building and constructed assets - Service-life planning Part 5: Life-Cycle Costing, (2008).
- [34] K. Bourke, A. Smith, S. Earl, R. Finch, C. Green, J. Hilier, R. Morledge, M. Murray, A. Muse, M.T. O’Connor, M. Stubbington, *Life Cycle Costing*, 1st ed., Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), London - United Kingdom, (2016). [www.rics.org](http://www.rics.org).



- [35] J.-M. Rödger, L.L. Kjær, A. Pagoropoulos, Life Cycle Costing: An Introduction, in: *Life Cycle Assess.*, Springer International Publishing, Cham, (2018): pp. 373–399. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_15).
- [36] Y. Risz, C. Cammarata, C. Wellise, M. Swibel, Show me the Money - Societal LCC or Optimizing for Societal and Business Value in Core Business Transactions, in: *Procedia CIRP*, (2018). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.165>.
- [37] D. Langdon, Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology, Londres, Reino Unido, (2007).
- [38] V.P. de Freitas, Isolamento Térmico de Fachadas pelo Exterior: Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido - ETICS, Porto, Portugal, (2002).
- [39] E. Barreira, V.P. de Freitas, External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), Springer, (2016). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20382-9>.
- [40] B. Amaro, D. Saraiva, J. De Brito, I. Flores-Colen, Inspection and diagnosis system of ETICS on walls, *Constr. Build. Mater.* (2013). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.024>.
- [41] C. Duarte, A Europa das Argamassas e dos ETICS: Tendências, Perspectivas e Oportunidades, in: C. Duarte (Ed.), *A Eur. Das Argamassas e Dos ETICS. Tendências, Perspect. e Oportunidades*, SBTA, Belo Horizonte, Brasil, (2011).
- [42] APFAC, Apresentação de Resultados do Projeto - Instalador de Isolamento Térmico, in: *Apfac*, Lisboa, Portugal, (2017).
- [43] EOTA, ETAG 004: Guideline for European Technical Approval of ETICS, Bruxelas, Bélgica, 2013.
- [44] J. Maia, N.M.M. Ramos, R. Veiga, Evaluation of the hygrothermal properties of thermal rendering systems, *Build. Environ.* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.055>.
- [45] V. Pereira, P. Sequeira, J. Barreto, L. Silva, O sistema ETICS como técnica de excelência na reabilitação de edifícios na segunda metade do século XX, (2007) 10.
- [46] C. Fernandes, J. De Brito, C.O. Cruz, Architectural integration of ETICS in building rehabilitation, *J. Build. Eng.* (2016). <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2015.12.005>.
- [47] T. Kvande, N. Bakken, E. Bergheim, J.V. Thue, Durability of ETICS with rendering in Norway- Experimental and field investigations, *Buildings*. 8 (2018). <https://doi.org/10.3390/buildings8070093>.
- [48] S. Eyssautier-Chuine, I. Calandra, N. Vaillant-Gaveau, G. Fronteau, C. Thomachot-Schneider, J. Hubert, J. Pleck, M. Gommeaux, A new preventive coating for building stones mixing a water repellent and an eco-friendly biocide, *Prog. Org. Coatings*. 120 (2018) 132–142. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2018.03.022>.
- [49] A.E. Charola, Water Repellents and Other “Protective” Treatments: A Critical Review/ Hydrophobieren und andere “schützende” Maßnahmen: Ein kritischer Überblick, *Restor. Build. Monum.* 9 (2003) 3–22. <https://doi.org/10.1515/rbm-2003-5727>.
- [50] M. Roos, F. König, S. Stadtmüller, B. Weyershausen, Evolution of silicone based water repellents for modern building protection, *5th Int. Conf. Water Repel. Treat. Build. Mater.* 16 (2008) 3–16.
- [51] H. Ziya Özek, Silicone-based water repellents, *Waterproof Water Repel. Text. Cloth.* (2018) 153–189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101212-3.00026-5>.
- [52] M. D’Orazio, G. Cursio, L. Graziani, L. Aquilanti, A. Osimani, F. Clementi, C. Yéprémian, V. Lariccia, S. Amoroso, Effects of water absorption and surface roughness on the bioreceptivity of ETICS compared to clay bricks, *Build. Environ.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.018>.
- [53] M. Pedroso, I. Flores-Colen, J.D. Silvestre, M.G. Gomes, L. Silva, P. Sequeira, J. de Brito, Characterisation of a multilayer external wall thermal insulation system. Application in a Mediterranean

- climate, *J. Build. Eng.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101265>.
- [54] L. Silva, I. Flores-Colen, N. Vieira, A.B. Timmons, P. Sequeira, Durability of ETICS and Premixed One-Coat Renders in Natural Exposure Conditions, in: J.M.P.Q. Delgado (Ed.), Springer Singapore, Singapore, (2016): pp. 131–158. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7_7).
- [55] E. McGettigan, Factors Affecting the Selection of Water-Repellent Treatments, *APT Bull.* 26 (1995) 22. <https://doi.org/10.2307/1504446>.
- [56] J.G. Keer, Surface Treatments, E & FN SPON, Londres, Rein, 1990.
- [57] X. Pan, Z. Shi, C. Shi, T.-C. Ling, N. Li, A review on concrete surface treatment Part I: Types and mechanisms, *Constr. Build. Mater.* 132 (2017) 578–590. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.12.025>.
- [58] K. Jonhson, A. Schultz, C. French, J. Reneson, Crack and Concrete Bridge Deck Sealant Performance, Minneapolis, MN, EUA, (2009).
- [59] M. Medeiros, P. Helene, Efficacy of surface hydrophobic agents in reducing water and chloride ion penetration in concrete, *Mater. Struct. Constr.* 41 (2008) 59–71. <https://doi.org/10.1617/s11527-006-9218-5>.
- [60] L.B. Boinovich, A.M. Emelyanenko, Hydrophobic materials and coatings: principles of design, properties and applications, *Russ. Chem. Rev.* 77 (2008) 583–600. <https://doi.org/10.1070/rc2008v077n07abeh003775>.
- [61] J.M.P.Q. Delgado Editor, *New Approaches to Building Pathology and Durability*, Springer Singapore, Singapore, (2016). <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0648-7>.
- [62] J.A. Lemire, J.J. Harrison, R.J. Turner, Antimicrobial activity of metals: Mechanisms, molecular targets and applications, *Nat. Rev. Microbiol.* 11 (2013) 371–384. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3028>.
- [63] C. Urzi, F. De Leo, Evaluation of the efficiency of water-repellent and biocide compounds against microbial colonization of mortars, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* (2007). <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2006.11.003>.
- [64] O. Guillitte, Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies, *Sci. Total Environ.* (1995). [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04582-L](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04582-L).
- [65] M.A. Ashraf, S. Ullah, I. Ahmad, A.K. Qureshi, K.S. Balkhair, M. Abdur Rehman, Green biocides, a promising technology: Current and future applications to industry and industrial processes, *J. Sci. Food Agric.* 94 (2014) 388–403. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6371>.
- [66] A. Unger, Decontamination and “deconsolidation” of historical wood preservatives and wood consolidants in cultural heritage, *J. Cult. Herit.* (2012). <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.01.015>.
- [67] M.R. Fidanza, G. Caneva, Natural biocides for the conservation of stone cultural heritage: A review, *J. Cult. Herit.* 38 (2019) 271–286. <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2019.01.005>.
- [68] S. Sasso, A.Z. Miller, M.A. Rogerio-Candelera, B. Cubero, M.L. Coutinho, L. Scrano, S.A. Bufo, Potential of natural biocides for biocontrolling phototrophic colonization on limestone, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* (2016). <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.11.017>.
- [69] A. Marco, S. Santos, J. Caetano, M. Pintado, E. Vieira, P.R. Moreira, Basil essential oil as an alternative to commercial biocides against fungi associated with black stains in mural painting, *Build. Environ.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106459>.
- [70] M.A. Kakakhel, F. Wu, J.-D. Gu, H. Feng, K. Shah, W. Wang, Controlling biodeterioration of cultural heritage objects with biocides: A review, *Int. Biodeterior. Biodegradation.* 143 (2019) 104721. <https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2019.104721>.
- [71] UE, Regulamento UE 528/2012: Disponibilização no Mercado e Utilização de Produtos Biocidas,

Parlamento e Conselho Europeu, (2014). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2012/528/2014-04-25>.

- [72] J.J. Harrison, H. Ceri, C.A. Stremick, R.J. Turner, Biofilm susceptibility to metal toxicity, *Environ. Microbiol.* 6 (2004) 1220–1227. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2004.00656.x>.
- [73] C.J. Brinker, G.W. Scherer, *Sol-Gel Science*, Elsevier, Londres, Reino Unido, (1990). <https://doi.org/10.1016/C2009-0-22386-5>.
- [74] J.P. Ruparelia, A.K. Chatterjee, S.P. Duttagupta, S. Mukherji, Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles, *Acta Biomater.* (2008). <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2007.11.006>.
- [75] H.L. Huang, C.C. Lin, K. Hsu, Comparison of resistance improvement to fungal growth on green and conventional building materials by nano-metal impregnation, *Build. Environ.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.06.016>.
- [76] Grafito, *Verbo Enciclopédia Luso-Brasileira Cult.* (1990) 890–891.
- [77] V. Gomes, *English Heritage: Graffiti on Historic Buildings and Monuments. Methods of Removal and Prevention.*, *English Herit.* (1999) 1–12.
- [78] A. Moura, I. Flores-Colen, J. de Brito, A. Dionísio, Study of the cleaning effectiveness of limestone and lime-based mortar substrates protected with anti-graffiti products, *J. Cult. Herit.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.04.004>.
- [79] J.S. Pozo-Antonio, T. Rivas, R.M.J. Jacobs, H.A. Viles, P.M. Carmona-Quiroga, Effectiveness of commercial anti-graffiti treatments in two granites of different texture and mineralogy, *Prog. Org. Coatings.* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.12.014>.
- [80] O. García, K. Malaga, Definition of the procedure to determine the suitability and durability of an anti-graffiti product for application on cultural heritage porous materials, *J. Cult. Herit.* (2012). <https://doi.org/10.1016/j.culher.2011.07.004>.
- [81] G. Kelling, J. Wilson, Broken windows: The police and neighborhood safety, *Atl.* (1982). <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/1982/03/broken-windows/304465/>.
- [82] K. Thompson, N. Offler, L. Hirsch, D. Every, M.J. Thomas, D. Dawson, From broken windows to a renovated research agenda: A review of the literature on vandalism and graffiti in the rail industry, *Transp. Res. Part A Policy Pract.* (2012). <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.04.002>.
- [83] M. Gladwell, *The Tipping Point*, 30<sup>th</sup> ed., Black bay books, Boston, NY, EUA, (2001).
- [84] K.D. Johnson, *School Vandalism and Break Ins*, San Diego, EUA, (2005).
- [85] D.T. O'Brien, C. Farrell, B.C. Welsh, Broken (windows) theory: A meta-analysis of the evidence for the pathways from neighborhood disorder to resident health outcomes and behaviors, *Soc. Sci. Med.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.11.015>.
- [86] P. Sanmartín, F. Cappitelli, R. Mitchell, Current methods of graffiti removal: A review, *Constr. Build. Mater.* (2014). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.093>.
- [87] B. Lubelli, R.P.J. Van Hees, Effect of Anti-Graffiti Coatings on the Drying Behaviour of Building Materials, *Proc. V Hydrophobe Conf.* (2008) 85–94.
- [88] K. Weißenbach, B. Standke, Anti-Graffiti and Easy-To-Clean Properties On Porous Mineral Surfaces are Achieved by Using Waterborne Fluoroalkylsilane Systems, *Hydrophobe III- Third Int. Conf. Surf. Technol. with Water Repel. Agents*, Univ. Hann. Ger. Sept. 2dh 26th, 2001. 264 (2001) 257–264.
- [89] V. Gomes, A. Dionísio, J.S. Pozo-Antonio, Conservation strategies against graffiti vandalism on Cultural Heritage stones: Protective coatings and cleaning methods, *Prog. Org. Coatings.* 113 (2017) 90–109. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2017.08.010>.

- [90] G. Wypych, Easy Surface Cleaning and Stain Inhibition, *Handb. Surf. Improv. Modif.* (2018) 121–135. <https://doi.org/10.1016/b978-1-927885-33-8.50010-4>.
- [91] C. Darwin, *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, Cambridge University Press, (1876).
- [92] R. Dawkins, *The Selfish Gene*, 40<sup>th</sup> Anniv, Oxford University Press, Oxford - United Kingdom, (1976).
- [93] P. Ragesh, V. Anand Ganesh, S. V. Nair, A.S. Nair, A review on “self-cleaning and multifunctional materials,” *J. Mater. Chem. A*. 2 (2014) 14773–14797. <https://doi.org/10.1039/c4ta02542c>.
- [94] W. Barthlott, C. Neinhuis, Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces, *Planta*. 202 (1997) 1–8. <https://doi.org/10.1007/s004250050096>.
- [95] C. Neinhuis, W. Barthlott, Characterization and distribution of water-repellent, self-cleaning plant surfaces, *Ann. Bot.* 79 (1997) 667–677. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0400>.
- [96] M. Zhang, S. Feng, L. Wang, Y. Zheng, Lotus effect in wetting and self-cleaning, *Biotribology*. (2016). <https://doi.org/10.1016/j.biotri.2015.08.002>.
- [97] W. She, X. Wang, C. Miao, Q. Zhang, Y. Zhang, J. Yang, J. Hong, Biomimetic superhydrophobic surface of concrete: Topographic and chemical modification assembly by direct spray, *Constr. Build. Mater.* (2018). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.063>.
- [98] C. Su, Facile fabrication of a lotus-effect composite coating via wrapping silica with polyurethane, *Appl. Surf. Sci.* (2010). <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2009.09.058>.
- [99] H. Husni, M.R. Nazari, H.M. Yee, R. Rohim, A. Yusuff, M.A. Mohd Ariff, N.N.R. Ahmad, C.P. Leo, M.U.M. Junaidi, Superhydrophobic rice husk ash coating on concrete, *Constr. Build. Mater.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.078>.
- [100] D. Ravelli, D. Dondi, M. Fagnoni, A. Albin, Photocatalysis. A multi-faceted concept for green chemistry, *Chem. Soc. Rev.* 38 (2009) 1999–2011. <https://doi.org/10.1039/b714786b>.
- [101] T. Ozawa, M. Iwasaki, H. Tada, T. Akita, K. Tanaka, S. Ito, Low-temperature synthesis of anatase-brookite composite nanocrystals: The junction effect on photocatalytic activity, *J. Colloid Interface Sci.* (2005). <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.137>.
- [102] T. Kawahara, Y. Konishi, H. Tada, N. Tohge, J. Nishii, S. Ito, A Patterned TiO<sub>2</sub>(Anatase)/TiO<sub>2</sub>(Rutile) Bilayer-Type Photocatalyst: Effect of the Anatase/Rutile Junction on the Photocatalytic Activity, *Angew. Chemie.* 114 (2002) 2935–2937. [https://doi.org/10.1002/1521-3757\(20020802\)114:15<2935::AID-ANGE2935>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1521-3757(20020802)114:15<2935::AID-ANGE2935>3.0.CO;2-6).
- [103] K. Hashimoto, H. Irie, A. Fujishima, Titanium Dioxide photocatalysis: A historical overview and future prospects, *Japanese J. Appl. Physics, Part 1 Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.* 44 (2005) 8269–8285. <https://doi.org/10.1143/JJAP.44.8269>.
- [104] F. Chen, X. Yang, Q. Wu, Antifungal capability of TiO<sub>2</sub> coated film on moist wood, *Build. Environ.* 44 (2009) 1088–1093. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.07.018>.
- [105] R.M. Pasquarelli, D.S. Ginley, R. O’Hayre, Solution processing of transparent conductors: From flask to film, *Chem. Soc. Rev.* 40 (2011) 5406–5441. <https://doi.org/10.1039/c1cs15065k>.
- [106] L. Bergamonti, I. Alfieri, A. Lorenzi, A. Montenero, G. Predieri, G. Barone, P. Mazzoleni, S. Pasquale, P.P. Lottici, Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> by sol–gel: Characterisation and photocatalytic activity on Modica and Comiso stones, *Appl. Surf. Sci.* 282 (2013) 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.05.095>.
- [107] T. Alapi, P. Sipos, I. Ilisz, G. Wittmann, Z. Ambrus, I. Kiricsi, K. Mogyorósi, A. Dombi, Synthesis and characterization of titania photocatalysts: The influence of pretreatment on the activity, *Appl. Catal. A Gen.* (2006). <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2006.01.026>.
- [108] M. Luna, M.J. Mosquera, H. Vidal, J.M. Gatica, Au-TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> photocatalysts for building materials:

- Self-cleaning and de-polluting performance, *Build. Environ.* 164 (2019) 106347. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106347>.
- [109] C. Mendoza, A. Valle, M. Castellote, A. Bahamonde, M. Faraldos, TiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> coated cement: Comparison of mechanic and photocatalytic properties, *Appl. Catal. B Environ.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.09.079>.
- [110] L. Pinho, M. Rojas, M.J. Mosquera, Ag-SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> nanocomposite coatings with enhanced photoactivity for self-cleaning application on building materials, *Appl. Catal. B Environ.* (2015). <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2014.10.002>.
- [111] X. Zhang, M. Jin, Z. Liu, D.A. Tryk, S. Nishimoto, T. Murakami, A. Fujishima, Superhydrophobic TiO<sub>2</sub> surfaces: Preparation, photocatalytic wettability conversion, and superhydrophobic-superhydrophilic patterning, *J. Phys. Chem. C.* 111 (2007) 14521–14529. <https://doi.org/10.1021/jp0744432>.
- [112] P. Magalhães, L. Andrade, O.C. Nunes, A. Mendes, Titanium dioxide photocatalysis: Fundamentals and application on photoinactivation, *Rev. Adv. Mater. Sci.* 51 (2017) 91–129.
- [113] L. Zhang, R. Dillert, D. Bahnemann, M. Vormoor, Photo-induced hydrophilicity and self-cleaning: Models and reality, *Energy Environ. Sci.* 5 (2012) 7491–7507. <https://doi.org/10.1039/c2ee03390a>.
- [114] J. Lasek, Y.H. Yu, J.C.S. Wu, Removal of NO<sub>x</sub> by photocatalytic processes, *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.* (2013). <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2012.08.002>.
- [115] S. Banerjee, D.D. Dionysiou, S.C. Pillai, Self-cleaning applications of Titanium Dioxide by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis, *Appl. Catal. B Environ.* 176–177 (2015) 396–428. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.03.058>.
- [116] M. R. Hoffmann, S. T. Martin, W. Choi, D. W. Bahnemann, Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis, *Chem. Rev.* 95 (2002) 69–96. <https://doi.org/10.1021/cr00033a004>.
- [117] K. Nakata, A. Fujishima, TiO<sub>2</sub> photocatalysis: Design and applications, *J. Photochem. Photobiol. C Photochem. Rev.* 13 (2012) 169–189. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2012.06.001>.
- [118] K. Hashimoto, H. Irie, A. Fujishima, Titanium dioxide photocatalysis: A historical overview and future prospects, *Japanese J. Appl. Physics, Part 1 Regul. Pap. Short Notes Rev. Pap.* 44 (2005) 8269–8285. <https://doi.org/10.1143/JJAP.44.8269>.
- [119] S. Veltri, A.M. Palermo, G. De Filipo, F. Xu, Subsurface treatment of TiO<sub>2</sub> nanoparticles for limestone: Prolonged surface photocatalytic biocidal activities, *Build. Environ.* (2019). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.038>.
- [120] S.A. Ruffolo, F. De Leo, M. Ricca, A. Arcudi, C. Silvestri, L. Bruno, C. Urzi, M.F. La Russa, Medium-term in situ experiment by using organic biocides and titanium dioxide for the mitigation of microbial colonization on stone surfaces, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* (2017). <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.05.016>.
- [121] S.P. Dalawai, M.A. Saad Aly, S.S. Latthe, R. Xing, R.S. Sutar, S. Nagappan, C.-S. Ha, K. Kumar Sadasivuni, S. Liu, Recent Advances in durability of superhydrophobic self-cleaning technology: A critical review, *Prog. Org. Coatings.* 138 (2020) 105381. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2019.105381>.
- [122] LNEC, Avaliações Técnicas Europeias - LNEC, (n.d.). <http://www.lnec.pt/pt/servicos/apreciacao-de-produtos-e-sistemas-de-construcao/avaliacoes-tecnicas-europeias-eta/eta-em-vigor/> (consultado em 2 Abril, 2020).
- [123] EOTA, EOTA, (n.d.). <https://www.eota.eu/pages/etassessments/default.aspx> (consultado a 16 Abril, 2020).
- [124] European Chemicals Agency, Guidance on Biocidal Products Regulation: Volume III Human Health -

Assessment and Evaluation (Parts B+C), (2017). <http://echa.europa.eu/contact>.

- [125] ECHA - European Chemicals Agency, (2020). <https://echa.europa.eu/pt/home> (consultado em 2020).
- [126] PubChem, (2020). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (consultado em 2020).
- [127] Relatório Voluntário Nacional, Relatório nacional sobre a implementação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, Nova Iorque, EUA, (2017).
- [128] Comissão Europeia, Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho que estabelece o quadro para alcançar a neutralidade climática, (2020).
- [129] CML-IA Baseline, (n.d.). <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors> (consultado em 18 Dezembro, 2020).
- [130] L. van Oers, A. de Koning, J.B. Guinée, G. Huppes, Abiotic Resource Depletion in LCA: Improving characterisation factors for abiotic resource depletion as recommended in the new Dutch LCA Handbook, *Road Hydraul. Eng. Inst.* (2002) 1–75.
- [131] J.B. Guinée, M. Gorrée, R. Heijungs, G. Huppes, R. Kleijn, A. de Koning, L. van Oers, A.W. Sleswijk, S. Suh, H.A.U. de Haes, H. de Bruijn, R. van Duin, M.A.J. Huijbregts, E. Lindeijer, A.A.H. Roorda, B.L. van der Ven, B.P. Weidema, *Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, (2004).
- [132] J.A.R. Mendes Silva, J. Falorca, A model plan for buildings maintenance with application in the performance analysis of a composite facade cover, *Constr. Build. Mater.* (2009). <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.05.008>.
- [133] J. Tavares, A. Silva, J. de Brito, Computational models applied to the service life prediction of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS), *J. Build. Eng.* (2020). <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100944>.
- [134] B. Amaro, D. Saraiva, J. De Brito, I. Flores-Colen, Statistical survey of the pathology, diagnosis and rehabilitation of ETICS in walls, *J. Civ. Eng. Manag.* 20 (2014) 511–526. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.801923>.
- [135] Certificados de Tesouro - Poupança Crescimento (2020). <https://www.ctt.pt/particulares/dinheiro-e-seguros/poupar-investir/certificados-tesouro-poupanca-crescimento> (consultado em 15 Dezembro, 2020).
- [136] R. Frischknecht, H. Althaus, C. Bauer, G. Doka, T. Heck, N. Jungbluth, D. Kellenberger, T. Nemecek, The Environmental Relevance of Capital Goods in Life Cycle Assessments of Products and Services, *Int. J. Life Cycle Assess.* 2007 (2007) 1–11. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.308>.
- [137] V. Moreau, B.P. Weidema, The computational structure of environmental life cycle costing, *Int. J. Life Cycle Assess.* 20 (2015) 1359–1363. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0952-1>.
- [138] A. Silva, J.L. Dias, P.L. Gaspar, J. De Brito, Statistical models applied to service life prediction of rendered façades, *Autom. Constr.* 30 (2013) 151–160. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.028>.
- [139] Glossário Financeiro, Portal Do Cliente Bancário. (2020). <https://clientebancario.bportugal.pt/pt-pt/glossario/t> (consultado em 8 Março, 2020).

# **Anexos**

## A. Listagem de produtos comerciais - ETICS

Anexo A. 1 - Acabamentos de ETICS presentes no mercado português

Marca	Sistema	Sub Sistema	Acabamento	Caract.	Fontes
CIN	CIN_k EPS Classic	A1a	Carso 1	H+B	FT+FDS+ATE
		A1b	Eralit	H+B	FT+FDS+ATE
		A2	Novatex HD	H+B	FT+FDS+ATE
Diera	Dieratherm	F1	Tincryl	H+B+AL	FT+ATE
		F2	RV Plascryl M/F	H+B	FT+FDS+ATE
Laset	Revitermik	A1	Aquacryl	B	FT+FDS+ATE
		A2	Revifachadas Granulado 1,5mm	H+B	FT+FDS+ATE
		A3	Revifachadas Granulado 1,2mm	H+B	FT+FDS+ATE
Neuce	Neucetherm	-	Neucedecor	H+B	FT+ATE
		-	Neucegold	H+B	FT+ATE
		-	Neucetex	H	FT+ATE
Robbialac	Vieroclima PV	-	Visolplast RSTF	H+B	FT+FDS
		-	Visolsilica RS	H	FT+FDS
		-	Visolplast VLB - 1S	H	FT+FDS
Secil	Isovit Clássico	-	REVDUR	H+B	FT+FDS+ATE
	Isovit Cork	A1	SecilTEK SP 01	H	FT+FDS+ATE
		A2	REVDUR	H+B	FT+FDS+ATE
	Isovit KI	-	REVDUR	H+B	FT+FDS+ATE
Sotinco	Tincoterm EPS	F1a	Ruga F 1,5mm	H	FT+FDS+ATE
		F1b	Ruga F 1,0mm	H	FT+FDS+ATE
		F2	Beltex	H+B	FT+FDS+ATE
TSL	Decootherm	A1	Beracryl 1898	H+B	FT+ATE
		A2	Decootherm 1937	H	FT+ATE
		A3	Decootherm 1852	H	FT+ATE
Weber	weber.therm classic	-	weber.plast decor	NI	FT+FDS+ATE
	weber.therm natura	A1	NA	NA	NA
			A2	weber.plast decor	NI
Legenda:	FT - Ficha Técnica	NA – Não Aplicável	ATE – Análise Técnica Europeia		AL - Autolimpante
	FDS - Ficha de Segurança	NI - Não Informa	B - Biocida		H - Hidrófugo



## B. Produtos de protecção comerciais

### Anexo B. 1 - Hidrófugos presentes no mercado português

Marca	Nome Comercial	Principio Activo	Base	Extra	Fonte
<b>Barbot</b>	Aquarepele	Siloxanos	Solvente	B	FT
<b>CIN</b>	Aquastop Hidro WB Fachadas	Silano/Siloxano	Aquoso	-	FT+FDS
	Aquastop SB Fachadas	Silicone	Solvente	-	FT+FDS
<b>Dyrup</b>	Hidrofugante Multiusos	Siloxano	Aquoso	AL+AG	FT
	Impermeabilizante Multiusos	Resina Acrilica	Aquoso	-	FT
<b>Evonik</b>	Protectosil 008	Silano	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 009	Aquiltrietoxisilano	ND	-	FT+FDS
	Protectosil 40 S	Silano	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 60 SK	Silano/Siloxano	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 100 N	Silano Monomérico	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 100 NK	Aquiltrietoxisilano	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 100 SK	Polisiloxano Organofuncional	Solvente	-	FT+FDS
	Protectosil 871	Polisiloxano Organofuncional	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil BHN	Trietoxiisobutilsilano	NA	-	FT+FDS
	Protectosil WS 328	Trietoxi(octil)silano	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil WS 405	Silanos Organofuncionais	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil WS 405 A	Silanos Organofuncionais	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil WS 410	Silanos Organofuncionais	Aquoso	-	FT
	Protectosil WS 600	ND	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil WS 610	Siloxanos Organofuncionais	Aquoso	-	FT+FDS
	Protectosil WS 700 P	Silanos	NA	-	FT+FDS
	Protectosil WS 808	Propilsilanotriolato de Tripotássio	Aquoso	-	FT+FDS
	<b>Kar</b>	Isosilano 1734	Silano	Aquoso	-
Isosilano 1735		Silano	Solvente	-	FT
<b>Nanophos</b>	SurfaPore C	Trietoxioctilsilano	Aquoso	B	FT+FDS
	SurfaPore M	ND	Aquoso	B	FT+FDS
<b>Robbialac</b>	Fachadas WB 141-0002	Emulsão Silicone	Aquoso	-	FT+FDS
	Fachadas SB 141-0001	Silicone	Solvente	-	FT+FDS
<b>Sika</b>	Sikagard 706 Thixo	Silano	Aquoso	-	FT
<b>Sollac</b>	Hidrollac	Alquilsiloxano	Solvente	-	FT
	Hidrollac WB	Alquilsiloxano	Aquoso	-	FT
<b>Tintas2000</b>	Hidrofugante 2000 - 290120	Resinas de Polissiloxano	Solvente	B	FT+FDS
<b>Titanlux</b>	Fundo Fixador H10	Acílico Siliconado	Aquoso	-	FT+FDS
	Impermeabilizante Incolor H30	Resina de Silicone	Solvente	AL	FT+FDS
<b>Topeca</b>	Silitop	Metilsilanotriolato Potássico	Aquoso	B	FT+FDS
	Silitop B1 3220	Trietoxioctilsilano	Aquoso	B	FT+FDS
	Silitop B2 102297	Silano/Siloxano	Solvente	B	FT+FDS
	Silitop B3	Hidro-óleo	Solvente	AG+AL	FT+FDS
	Silitop Creme	Siloxanos	Solvente	-	FT
<b>Weber</b>	weber.hydrofuge	Trietoxioctilsilano	Aquoso	B	FT+FDS
<b>Legenda:</b>	FT - Ficha Técnica	ND - Não Disponível		AL - Autolimpante	
	FDS - Ficha de Dados de Segurança	B - Biocida		AG - Anti-Graffiti	

**Anexo B. 2 - Biocidas presentes no mercado português**

<b>Marca</b>	<b>Nome Comercial</b>	<b>Tipo</b>	<b>Fonte</b>
<b>Barbot</b>	Aditivo Anti-Fungos e Algas	Aditivo	FT
	Solução de Limpeza Biochoque	Lavagem	FT
<b>CIN</b>	18-210 Aditivo Antifungos Antialgas	Aditivo	FT+FDS
	18-220 Descontaminante Artibiose	Lavagem	FT+FDS
<b>Dyrupe</b>	AntiAlgas e Fungos	Aditivo	FDS
	AntiBolores e Algas	Aditivo	FDS
	Dyruwash (9360)	Lavagem	FT+FDS
<b>Neuce</b>	10.01 Solução Anti-Fungos	Lav.+Ad.	FT
	10.02 Solução Algicida	Lav.+Ad.	FT
	10.03 Solução Desinfestante	Lavagem	FT
<b>Sika</b>	Sikagard 715W	Lavagem	FT
<b>Sollac</b>	Aditivo Anti-Fungos e Algas	Aditivo	FT+FDS
<b>Tintas2000</b>	Solução Anti-Fungos 6991	Preparação	FT+FDS
	Limpamil 380670	Lavagem	FT+FDS
<b>Weber</b>	weber.antimousse	Lavagem	FT+FDS
<b>Legenda:</b>	FT - Ficha Técnica	ND - Não Disponível	
	FDS - Ficha de Dados de Segurança		

**Anexo B. 3 – Anti-graffiti presentes no mercado português**

<b>Marca</b>	<b>Nome Comercial</b>	<b>Tipo</b>	<b>Durabilidade</b>	<b>Fonte</b>
<b>Barbot</b>	Removedor Graffiti	Lavagem	NA	FT
	Protector Anti-Graffiti	Sacrificial	1 Lavagem	FT
<b>Euro Guardian</b>	Graffiti Shield	Semi-Permanente Duplo	1 Lavagem	FT+FDS
	WB Anti-Graffiti Coating	Permanente	<5 Anos	FT+FDS
	SB Anti-Graffiti Coating	Permanente	<5 Anos	FT
	Graffiti Remover	Lavagem	NA	FT+FDS
	Graffiti Gel	Lavagem	NA	FT+FDS
<b>Evonik</b>	Protectosil Antigraffiti	Permanente	<10 Lavagens	FT+FDS
	Protectosil Antigraffiti SP	Semi-Permanente Simples	<3 Lavagens	FT+FDS
	Protectosil AQUA-TRETE SG	Semi-Permanente Duplo	1 Lavagem	FT+FDS
	Protectosil Proficlean Plus	Lavagem	NA	FT+FDS
<b>KAR</b>	Verniz Anti-Graffiti	Permanente	<10 Lavagens	FT
<b>Nanophos</b>	SurfaPore AG	Permanente	<7 Lavagens	FT+FDS
<b>Nasiol</b>	Anti-GRM	Permanente	ND	FT
<b>Sika</b>	Sikagard 850	Permanente	ND	FT
<b>Tintas2000</b>	Verniz Anti-Graffiti 340552	Permanente	<20 Lavagens	FT+FDS
	Removedor Graffiti	Lavagem	NA	FT
<b>Legenda:</b>	FT - Ficha Técnica	ND – Não Disponível		
	FDS - Ficha de Dados de Segurança	NA – Não Aplicável		

**Anexo B. 4 – Produtos de autolimpeza presentes no mercado português**

Marca	Nome Comercial	Tipo	ACA Água	ACA Óleo	Fonte
<b>Evonik</b>	Protectosil AQUA-TRETE	Oleofóbico e Hidrófugo	ND	ND	FT+FDS
	Protectosil SC 30/60/100	Hidrófugo e Oleofóbico	ND	ND	FT+FDS
	Protectosil SC 1000	Hidrófugo e Oleofóbico	ND	ND	FT+FDS
	Protectosil SC Concentrate	Hidrófugo e Oleofóbico	ND	ND	FT+FDS
<b>Nasiol</b>	Nasiol Z	Altamente Hidrófugo e Oleofóbico	108°	75°	FT
	Nasiol SHBC	Superhidrófugo e Oleofóbico	171°	140°	FT
<b>TiPE</b>	TiPE Série HA	Nano Superhidrófugo Biomimético	ND	ND	FT
<b>Legenda:</b>	FT - Ficha Técnica	ND - Não Disponível			
	FDS - Ficha de Dados de Segurança	ACA - Ângulo de Contacto Aparente			

**Anexo B. 5 – Produtos multifuncionais presentes no mercado português**

Marca	Nome Comercial	Tipo	Hidrof.	Autol.	Bioc.	Fonte
<b>Nanophos</b>	SurfaShield C	Fotocatalítico	NA	Sim	Sim	FT+FDS
	SurfaShield CX	Fotocatalítico	NA	Sim	Sim	FT+FDS
<b>Robbialac</b>	Cotefilm Incolor	Membrana	Sim	Sim	Sim	FT+FDS
<b>Sika</b>	Sikagard 790 All-in-One Protect	Membrana	Sim	Sim	Sim	FT
<b>TiPE</b>	TiPE Série E	Fotocatalítico TiO2	NA	Sim	Sim	FT
	TiPE Série O	Fotocatalítico TiO2	NA	Sim	Sim	FT
<b>Legenda:</b>	FT - Ficha Técnica					
	FDS - Ficha de Dados de Segurança					

## C. Tratamento de dados ambientais

Tal como descrito, o primeiro passo foi a selecção de processos nas bases de dados mencionadas. De seguida, utilizando o método de cálculo *CML-IA Baseline V3.05*, cada processo foi analisado e retiraram-se os valores dos indicadores GWP100a [kg eq CO<sub>2</sub>/kg] e ADP(ff) [MJ/kg], tal como também referido. O Anexo C1 exemplifica, com constituintes fictícios, um resumo da informação retirada. Um determinado constituinte A dá origem a um processo “Proc\_Const\_A”, que foi escolhido tendo por base o explicado anteriormente, e, após o cálculo com o método *CML-IA Baseline V3.05*, obtêm-se valores para ADP(ff) e GWP100a, ainda tendo por base a unidade declarada – quilograma.

**Anexo C1 - Exemplo da informação retirada do software *SimaPro***

Constituinte	Processo	ADP(ff)	GWP100a
		[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]
<b>Const. A</b>	Proc_Const_A	160	15
<b>Const. B</b>	Proc_Const_B	29	3
<b>Const. C</b>	Proc_Const_C	47	2
<b>Const. D</b>	Proc_Const_D	60	1

Após este levantamento de dados, dá-se o seu tratamento. Esta fase consistiu no cálculo dos impactes dos produtos em estudo. Estes impactes foram calculados multiplicando as percentagens de cada componente conhecido pelos seus impactes. Este passo pode ser mais facilmente percebido com a ajuda do Anexo C2.

**Anexo C2 - Exemplo de cálculo do impacte de um produto**

Produto	Constituinte	% Const.	ADP(ff) [MJ/kg]		GWP100a [kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	
			Parcial	Total	Parcial	Total
<b>Produto 001</b>	<b>Const. A</b>	15,0%	24,000	73,720	2,250	3,185
	<b>Const. B</b>	3,5%	1,015		0,105	
	<b>Const. C</b>	1,5%	0,705		0,030	
	<b>Const. D</b>	80,0%	48,000		0,800	

Considerando um “Produto 001”, constituído pelos quatro constituintes referidos no Anexo C1, e com as percentagens de cada um referidas no Anexo C2, multiplicando essas percentagens pelos valores de impacte de cada constituinte chega-se ao impacte parcial de cada constituinte no produto final, e, somando-se estes, tem-se assim o impacte total do “Produto 001” na unidade declarada. O passo seguinte será a transformação dos impactes ADP(ff) e GWP100a da unidade declarada para a unidade funcional, ou seja, a transformação de [MJ/kg] em [MJ/m<sup>2</sup>] e de [kg eq CO<sub>2</sub>/kg] em [kg eq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>], como se pode ver pelo Anexo C3.

**Anexo C3 - Transformação para a unidade funcional**

Produto	Rendimento	ADP(ff) [MJ]		GWP100a [kg eq CO <sub>2</sub> ]	
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[kg <sup>-1</sup> ]	[m <sup>-2</sup> ]	[kg <sup>-1</sup> ]	[m <sup>-2</sup> ]
<b>Produto 001</b>	1,5	73,720	110,580	3,185	4,778

Esta transformação é realizada multiplicando o rendimento final do produto, em [kg/m<sup>2</sup>] pelos impactes já calculados. Foi ainda necessário realizar o trabalho de preparação prévio de modificar todos os rendimentos de todos os produtos para a unidade necessária a esta transformação [kg/m<sup>2</sup>]. Teve-se também em consideração as demãos necessárias para cada produto e as diluições, alterando assim a densidade final do produto.

## D. Recolha e tratamento de dados dos fabricantes

### D.1. Recolha de dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foi necessário o levantamento de uma grande quantidade de dados, pelo que a definição de uma metodologia de levantamento, sistematizada e pragmática, foi essencial, para que os dados sejam comparáveis e tenham valor acrescentado para os estudos de avaliação do ciclo de vida. Foram recolhidos dados de produtos hidrófugos, biocidas, anti-graffiti, multifuncionais e de acabamentos de ETICS.

A metodologia seguida foi a seguinte:

- Procura de empresas que tivessem um ou mais produtos das categorias em estudo;
- Verificação da existência de fichas técnicas e/ou fichas de dados de segurança de cada produto;
- Análise de produtos com ficha de segurança, recolhendo informação relevante;
- Produtos só com ficha técnica são listados, não tendo sido estudados devido à insuficiente informação para a realização da análise;
- Informação recolhida da ficha de segurança complementada com informação da ficha técnica.

A informação recolhida das fichas de segurança FDS, que se pode observar no Anexo D1, foi a seguinte:

- Secção 2: Identificação dos perigos – Ponto 2.2. Elementos do rótulo;
- Secção 3: Composição/informação sobre os componentes – Ponto 3.2. Misturas;
- Secção 9: Propriedades físicas e químicas – Ponto 9.1. Informação sobre propriedades físicas e químicas de base;
- Secção 9: Propriedades físicas e químicas – Ponto 9.2. Outras informações;
- Secção 11: Informação toxicológica – 11.1. Informações sobre os efeitos toxicológicos;
- Secção 12: Informação ecológica – 12.1. Toxicidade.

SECÇÃO 2: Identificação dos perigos	SECÇÃO 9: Propriedades físico-químicas																
<p><b>2.1 Classificação da substância ou mistura</b> Classificação em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 O produto não é classificado em conformidade com o regulamento CLP</p> <p><b>2.2 Elementos do rótulo</b> Rotulagem em conformidade com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 vazio Pictogramas de perigo vazio Palavra-sinal vazio Advertências de perigo vazio Indicações adicionais: Informação de acordo com o Regulamento de Produtos Biocidas (UE) 528/2012: este produto contém um produto biocida. Active substance: reaction mass of 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-2H-isothiazol-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1) [CAS no.: 55965-84-9] Contém reaction mass of: 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-2H-isothiazol-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1). Pode provocar uma reacção alérgica.</p> <p><b>2.3 Outros perigos</b> Resultados da avaliação PBT e mPmB PBT: Não aplicável. mPmB: Não aplicável.</p>	<p><b>9.1 Informações sobre propriedades físicas e químicas de base</b> Indicações gerais Aspecto: Líquido Cor: De acordo com a referência do produto Odor: Característico Limiar olfativo: Não classificado. valor pH: Não classificado.</p> <p><b>Mudança do estado:</b> Ponto de fusão / Intervalo de fusão: Não determinado. Ponto de ebulição / Intervalo de ebulição: 100 °C</p> <p><b>Flash point (Ponto de inflamação):</b> &gt;100 °C</p> <p><b>Inflamabilidade (sólido, gasoso):</b> Não aplicável.</p> <p><b>Temperatura de decomposição:</b> Não classificado.</p> <p><b>Temperatura de autoignição:</b> O produto não se auto-inflama.</p> <p><b>Propriedades explosivas:</b> O produto não é explosivo.</p> <p><b>Limites de explosividade:</b> Inferior: Não classificado. Superior: Não classificado.</p> <p><b>Pressão do vapor em 20 °C:</b> 23 hPa</p> <p><b>Densidade em 20 °C:</b> 1,206 g/cm<sup>3</sup> <b>Densidade relativa:</b> Não classificado. <b>Densidade do vapor:</b> Não classificado. <b>Velocidade da evaporação:</b> Não classificado.</p> <p><b>Solubilidade em / miscibilidade com água:</b> Completamente miscível.</p> <p><b>Coefficiente de partição: n-octanol/água:</b> Não classificado.</p> <p><b>Porcentagem de sólidos em peso:</b> 54,5 % <b>9.2 Outras informações:</b> Os dados referenciados neste item dizem respeito à cor incolor.</p>																
SECÇÃO 3: Composição/informação sobre os componentes	SECÇÃO 12: Informação ecológica																
<p><b>3.2 Misturas</b> Descrição: Mistura contendo as substâncias perigosas seguidamente mencionadas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substâncias perigosas:</th> <th>hidrocarbonetos, C9-C11, n-alcenos, isoalcenos, cíclico, &lt;2%</th> <th>75-100%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>                     Número CE: 919-857-5 Reg.nr.: 01-2119463268-33 aromáticos                      Flam. Liq. 3, H226; Asp. Tox. 1, H304; STOT SE 3, H336                 </td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Informação adicional: O texto das indicações de perigo aqui incluído poderá ser consultado no capítulo 16.</p>	Substâncias perigosas:	hidrocarbonetos, C9-C11, n-alcenos, isoalcenos, cíclico, <2%	75-100%	Número CE: 919-857-5 Reg.nr.: 01-2119463268-33 aromáticos Flam. Liq. 3, H226; Asp. Tox. 1, H304; STOT SE 3, H336			<p><b>12.1 Toxicidade</b> Toxicidade aquática: CAS: 64359-81-5 DCOIT (CAS 64359-81-5)</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>EC50b/72 h (dinâmico)</td> <td>0,048 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))</td> </tr> <tr> <td>EC50r/7 d</td> <td>0,077 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))</td> </tr> <tr> <td>EC50</td> <td>5,7 mg/l (bactéria)</td> </tr> <tr> <td>LC50/96 h</td> <td>0,014 mg/l (Iepomis macrochirus (peixe))</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,0027 mg/l (trout)</td> </tr> </tbody> </table>	EC50b/72 h (dinâmico)	0,048 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))	EC50r/7 d	0,077 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))	EC50	5,7 mg/l (bactéria)	LC50/96 h	0,014 mg/l (Iepomis macrochirus (peixe))		0,0027 mg/l (trout)
Substâncias perigosas:	hidrocarbonetos, C9-C11, n-alcenos, isoalcenos, cíclico, <2%	75-100%															
Número CE: 919-857-5 Reg.nr.: 01-2119463268-33 aromáticos Flam. Liq. 3, H226; Asp. Tox. 1, H304; STOT SE 3, H336																	
EC50b/72 h (dinâmico)	0,048 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))																
EC50r/7 d	0,077 mg/l (pseudokirchneriella subcapitata (alga))																
EC50	5,7 mg/l (bactéria)																
LC50/96 h	0,014 mg/l (Iepomis macrochirus (peixe))																
	0,0027 mg/l (trout)																
SECÇÃO 11: Informação toxicológica																	
<p><b>11.1 Informações sobre os efeitos toxicológicos</b> Toxicidade aguda Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos.</p> <p><b>LD/LC50 valores relevantes para a classificação:</b> CAS: 55406-53-6 IPBC (CAS: 55406-53-6)</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Oral</td> <td>LD50</td> <td>1,470 mg/kg (rato)</td> </tr> <tr> <td>Cutânea</td> <td>LD50</td> <td>&gt;2.000 mg/kg (rato)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LC50/72 h</td> <td>0,026 mg/l (scenedesmus subspicatus (alga))</td> </tr> </tbody> </table>	Oral	LD50	1,470 mg/kg (rato)	Cutânea	LD50	>2.000 mg/kg (rato)		LC50/72 h	0,026 mg/l (scenedesmus subspicatus (alga))								
Oral	LD50	1,470 mg/kg (rato)															
Cutânea	LD50	>2.000 mg/kg (rato)															
	LC50/72 h	0,026 mg/l (scenedesmus subspicatus (alga))															

#### Anexo D 1 - Exemplos das secções das FDSs com informação relevante

Nos pontos 2.2, 3.2, 11.1 e 12.1, foram recolhidos os químicos que constituem os produtos, na forma do seu nome e CAS (*Chemical Abstracts Service*), quando disponíveis, bem como a concentração destes no produto final, na forma de um intervalo de percentagem da constituição do produto. Nos pontos 9.1 e 9.2, recolheu-se

informação relativa à densidade do produto, percentagem de sólidos em peso e percentagem de COVs (Compostos Orgânicos Voláteis), quando disponível.

Nas FT, como o formato não é normalizado, a informação disponível varia muito entre fabricantes e até entre produtos do mesmo fabricante, como se pode verificar no Anexo D2

Technical Data			
Properties and test methods	Value	Unit	Method
Flash point	>40	°C	DIN EN ISO 2719
Active ingredient content	approx. 100	%	-
Density	approx. 1.038	g/cm <sup>3</sup>	DIN 51757
Appearance	yellowish, clear to slightly turbid	-	-
Viscosity (20 °C)	approx. 30	mPa·s	DIN 53015

High performance water-repellent with water beading effect for masonry

Protectosil® 60 SK is a free-flowing yellowish clear to slightly turbid almost odourless, slightly alcoholic frost resistant liquid based on a silane/siloxane. Protectosil® 60 SK is free of tinorganic compounds. Protectosil® 60 SK can be applied at full-strength or after dilution with suitable solvents, such as ethanol or white spirit.

Properties and Use	
Intendet use	
Protectosil® 008	
<ul style="list-style-type: none"> <li>is specially suited for the water-repellent impregnation of concrete in outdoor areas</li> <li>is highly reactive and resistant against alkali</li> <li>reaches very high penetration depth</li> <li>generates water-vapor-permeable, colorless impregnation</li> <li>reduces significantly the uptake of water and soluble salts (e.g. chlorides)</li> <li>protects hairline cracks of up to 0.3 mm</li> <li>is supplied ready to use</li> <li>is also recommended as waterproofing under coatings or other surface protection treatments</li> </ul>	
Protectosil® 008 is suitable for the waterproofing of mineral substrates, in particular low-porosity substrates such as concrete. Protectosil® 008 has to be used undiluted. The amount to be applied depends to a large extent on how absorbent the substrate is.	
Application Details	
Suitable substrates	Consumption/ Mode of application
concrete	min. 180 g/m <sup>2</sup> - airless spraying
sand limestone	min. 230 g/m <sup>2</sup> - airless spraying, immersion
red brick	min. 300 g/m <sup>2</sup> - airless spraying, immersion

DESCRIÇÃO	Revestimento transparente baseado numa dispersão aquosa especial 100% acrílica.
UTILIZAÇÃO	Sobre superfícies verticais revestidas com materiais cujo aspecto decorativo se pretende manter à vista. Especialmente recomendado para aplicação sobre pastilha, materiais cerâmicos, pedra natural, tijoleira, grés, etc.
PROPRIEDADES	Preserva o aspecto decorativo das superfícies Resistente aos raios UV Flexível e auto-lavável Resistente a fungos e algas
COR(ES)	Incolor.
CARACTERÍSTICA(S) FÍSICA(S)	Brilho: Meio-brilho Aspecto: Líquido esbranquiçado que fica transparente após secagem. Densidade: 1,03 ± 0,03 Viscosidade: 65 - 75 KU/25°C. Este valor pode aumentar com o tempo de armazenagem. Ponto de inflamação: Não inflamável Teor de sólidos: 43 ± 2% COV's: Valor limite da UE para o produto (cat. A/c): 40 g/l. Este produto contém no máximo 39 g/l COV.

#### Anexo D 2 - Exemplos de informação possível de retirar de fichas técnicas

De qualquer forma, foram recolhidos dados como: princípio activo principal; base; diluições; número de demãos; percentagem de sólidos; rendimentos; características principais; durabilidade; entre outros. Pode ver-se o tipo de informação relevante em fichas técnicas no Anexo D3.

Technical Data			
Properties and test methods	Value	Unit	Method
Viscosity	1.12	mPa.s	DIN 53015
Flash point	12	°C	DIN 51755
Boiling point	81	°C	(1013hPa)
Appearance	free-flowing, colorless liquid	-	-
Density (20 °C)	0.824	g/cm <sup>3</sup>	DIN 51757
Solvent	ethanol	-	-
Odor	of alcohol	-	-

Technical Data			
Properties and test methods	Value	Unit	Method
Active Solids	98-100	%	
Solvent	solvent free		
Density (20°C)	0,94	g/cm <sup>3</sup>	DIN 51757
Viscosity	1,9	mPa.s	
Flash Point	63	°C	DIN EN ISO 2719

#### Anexo D 3 - Diferenças de informação entre produtos do mesmo tipo, do mesmo fabricante

No caso específico dos acabamentos de ETICS, a informação foi recolhida não só das fichas técnicas e de segurança, mas também das ATEs (Avaliação Técnica Europeia), documentos que permitem a homologação dos sistemas ETICS. Destes, foi retirada a informação relativa a rendimentos e demãos. A restante informação foi recolhida das FT e FDS, como nos restantes produtos. As FT e FDS são disponibilizadas pelos fabricantes, e as ATE pelo LNEC e pelos fabricantes, em alguns casos.

## D.2. Tratamento de dados

Todos os dados recolhidos foram compilados num ficheiro Excel para o seu tratamento, por forma a que seja possível uma comparação entre produtos no final deste capítulo. Para tal, realizou-se ainda, a normalização dos

dados e das unidades. Esta normalização consistiu na transformação dos valores e unidades disponibilizadas pelos fabricantes, em unidades de rendimento iguais para todos os produtos.

Para normalizar os rendimentos dos vários produtos, já que os valores disponibilizados para os impactes ambientais pelo *software SimaPro* estão na unidade declarada (kg), foi feita uma transformação, considerando:

- i. Número de demãos;
- ii. Rendimento ( $\text{m}^2/\text{l}/\text{demão}$ ,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ,  $\text{l}/\text{m}^2$ ,  $\text{kg}/\text{m}^2/\text{demão}$ );
- iii. Massa volúmica ( $\text{kg}/\text{l}$ );
- iv. Diluição (qual o diluente, a proporção e a sua densidade).

Tendo por base estes dados, foi encontrado o rendimento global, em  $[\text{kg}/\text{m}^2]$  de parede para os sistemas de revestimento e de protecção.

Nesse mesmo ficheiro, são listados todos os constituintes conhecidos de cada produto, incluindo o diluente (quando existe), e a sua proporção no produto final a aplicar.

Muitas vezes, as proporções dos constituintes dos produtos são enunciadas pelos fabricantes em intervalos, pelo que foi necessário atribuir valores discretos. A atribuição desses valores teve em conta a toda a informação disponível.

## E. Exemplo de cálculo de impactes ambientais de um produto

Anexo E. 1 - Todos os constituintes do produto H07[AE], Identificação, percentagem e impactes ambientais relativos e absolutos

Produto	Constituintes			ADP(ff)		GWP100a		ADP(ff)		GWP100a		NQi
	CAS	Descrição	%	Processo	[MJ/kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	[MJ/kg]	%	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	%		
	886-50-0	<i>Terbutryn</i>	2,5%	<i>Triazine-compound, uspefd {GLO}</i>	131,000	8,880	3,275	26,5%	0,222	23,8%		
	13463-67-7	Dióxido de Titânio	10,0%	<i>Titanium dioxide {RER}</i>	60,900	5,360	6,090	49,2%	0,536	57,5%		
	7722-88-5	Pirifosfato Tetrasódico	2,5%	<i>Sodium phosphate {GLO}</i>	29,300	2,310	0,733	5,9%	0,058	6,2%		
	1317-65-3	Carbonato de Cálcio	50,0%	<i>Limestone, crush, wash {CH}</i>	0,029	0,002	0,015	0,1%	0,001	0,1%		
	1314-13-2	Óxido de Zinco	2,5%	<i>Zinc oxide {GLO}</i>	10,500	0,790	0,263	2,1%	0,020	2,1%	5	
	141-32-2	Acrilato de N-Butilo	2,5%	<i>Butyl acrylate {RER}</i>	80,100	3,850	2,003	16,2%	0,096	10,3%		
	55965-84-9	Mistura Reaccional	2,5%	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
	-	Água	27,5%	<i>Tap water {RER}</i>	4E-03	4E-04	1E-03	0,0%	1E-04	0,0%		

Anexo E. 2 - Dados do produto H07[AE] para transformação da unidade declarada para a unidade funcional

Produto	Rendimento		Densidade		ADP(ff)		GWP100a	
	[kg/m <sup>2</sup> ]	[l/m <sup>2</sup> ]	[kg/l]	[MJ/kg]	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[kg eq CO <sub>2</sub> /kg]	[kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	
H07[AE]	2,2	1,19	1,85	12,378	27,232	0,933	2,053	