

SUSTENTABILIDADE DE SOLUÇÕES DE REVESTIMENTO DE FACHADA.

PROPOSTA DE INDICADORES AMBIENTAIS,
FUNCIONAIS E ECONÓMICOS

DIANA PINTO DE OLIVEIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES



Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Corvacho

JULHO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu avô, Leonel

AGRADECIMENTOS

Uma simples página escrita para agradecer todo o apoio prestado ao longo deste percurso académico.

É com enorme privilégio que dou por terminada mais uma etapa na minha vida. Esta, que conta das mais variadas emoções e sentimentos, histórias e momentos, que me fizeram crescer e moldar.

Vivemos dias de pandemia, momentos difíceis que recordaremos mais tarde, na companhia das nossas famílias e amigos. Tivemos de aprender a viver, a sorrir e a tocar de uma forma diferente. Tivemos de aprender a importância do presente e, alguns, tiveram de aprender como se trabalha em comunidade. Quero acreditar que, ao longo deste tempo de pandemia, a maior parte de nós aprendeu o valor do sorriso, do abraço, do carinho e do que é cuidar de si e do próximo.

Apesar de não me ser possível subir a Avenida dos Aliados do Porto, com os meus amigos e com a minha família, o meu coração está igualmente preenchido com os melhores sentimentos.

Assim, quero agradecer aos meus pais pelo apoio, dedicação e amor incondicional. À minha família, aos meus amigos e aos demais que cruzaram o meu caminho.

Quero agradecer à minha orientadora, Professora Doutora Maria Helena Corvacho, pela disponibilidade, ajuda e acompanhamento prestado ao longo do semestre.

RESUMO

Na presente dissertação, é apresentado um estudo sobre sustentabilidade de soluções correntes de revestimento de fachada.

Nos dias de hoje, as preocupações com a sustentabilidade de materiais usados como revestimento assumem maior importância e, assim, torna-se importante a intensificação de estudos de forma a responder às necessidades do ambiente e da população.

O estudo consiste na recolha de informação ao nível ambiental, funcional e económico de várias soluções – quer de revestimentos aderentes, quer de revestimentos não aderentes. Os estudos ambiental e funcional, tiveram como base as Declarações Ambientais de Produto e as Fichas Técnicas de Produto. O estudo económico teve como base a consulta de diversos fornecedores, bem como o Gerador de Preços do Cype.

Por fim, foi aplicada a metodologia de MARS-SC, a fim de comparar as diferentes soluções de revestimento de fachada, tendo em consideração a proposta de indicadores ambientais, funcionais e económicos.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, ciclo de vida, desempenho, custos, indicadores

ABSTRACT

This dissertation presents a study on the sustainability of current solutions of facade coating.

Nowadays, concerns about the sustainability of materials used as coating assume greater importance, and thus, it is vital to intensify studies to respond to the needs of the environment and the population.

The study collects environmental, functional and economic information from various solutions – either stick or non-stick coatings. The studies, environmental and functional, were based on the Environmental Product Declarations and the Sheets Product Techniques. The base of the economic study was the consultation of several suppliers and the Cype Price Generator.

Finally, the MARS-SC methodology was applied to compare the different solutions of facades coating, considering the proposed environmental indicators, functional as economical.

KEYWORDS: Sustainability, life cycle, performance, costs, indicators.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 ENQUADRAMENTO	1
1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	1
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	1
2 SUSTENTABILIDADE	3
2.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE	3
2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO.....	4
2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA AO LONGO DA VIDA ÚTIL DO EDIFÍCIO.....	5
2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO SETOR DA CONSTRUÇÃO.....	5
2.4.1 ENQUADRAMENTO	5
2.4.2 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	5
2.4.3 CONSUMO DE ENERGIA	6
2.4.4 USO DE MATÉRIAS-PRIMAS.....	7
3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	9
3.1 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	9
3.2 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO (DAP).....	10
3.2.1 GWP – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL	11
3.2.2 ODP – POTENCIAL DE DESTRUÇÃO DA CAMADA DO OZONO	11
3.2.3 AP – POTENCIAL DE ACIDIFICAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA.....	11
3.2.4 EP – POTENCIAL DE EUTROFIZAÇÃO	12
3.2.5 POCP – POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE OZONO TROPOSFÉRICO	12
3.2.6 ADP – POTENCIAL DE DIMINUIÇÃO DOS RECURSOS ABIÓTICOS NÃO- FÓSSEIS	12
3.2.7 ADPF - POTENCIAL DE DIMINUIÇÃO DOS RECURSOS ABIÓTICOS FÓSSEIS	13
3.2.8 PERNT – USO TOTAL DE RECURSOS DE ENERGIA PRIMÁRIA NÃO RENOVÁVEL	13
3.2.9 PERT - USO TOTAL DE RECURSOS DE ENERGIA PRIMÁRIA RENOVÁVEL	13

4 REVESTIMENTOS DE FACHADAS	15
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	15
4.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS	15
4.3 REVESTIMENTOS ANALISADOS	16
4.3.1 REVESTIMENTOS ADERENTES	17
4.3.1.1 Revestimento em Placas de Grés Porcelânico.....	17
4.3.1.2 Revestimento em Placas Cerâmicas.....	20
4.3.1.3 Revestimento de Pintura sobre reboco	21
4.3.2 REVESTIMENTOS NÃO ADERENTES.....	22
4.3.2.1 Revestimento em Placas de Madeira	23
4.3.2.2 Revestimento em Placas de Pedra	24
4.3.2.3 Revestimento em Painéis Compósitos de alumínio.....	25
4.3.2.4 Revestimento em Pannel Sandwich	27
5 INDICADORES	29
5.1 ENQUADRAMENTO	29
5.2 METODOLOGIA MARS – SC	29
5.2.1 SELEÇÃO DE INDICADORES	29
5.2.1.1 Indicadores Ambientais	30
5.2.1.2 Indicadores Funcionais	30
5.2.1.3 Indicadores Económicos	31
5.3 NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES.....	31
5.4 PONDERAÇÃO E NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE.....	31
5.5 SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA	32
6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS ...	33
6.1 ENQUADRAMENTO	33
6.2 REVESTIMENTOS ADERENTES	34
6.2.1 PLACAS DE GRÉS PORCELÂNICO	34
6.2.2 PLACAS CERÂMICAS	38
6.2.3 PINTURA SOBRE REBOCO	40
6.3 REVESTIMENTOS NÃO ADERENTES	44
6.3.1 PLACAS DE MADEIRA	44
6.3.2 PLACAS DE PEDRA	46
6.3.3 PAINÉIS COMPÓSITOS DE ALUMÍNIO.....	49
6.3.4 PAINÉIS SANDWICH	52

7 CONCLUSÃO	57
7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	57
7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Sustentabilidade: Dimensão Social, Ambiental e Económica (Dickie, 2010).	3
Figura 2 – Produção de resíduos por sector económico e residencial na Europa, em 2016 (Eurostat, 2019).....	6
Figura 3 – Consumo Final de Energia por setor na Europa, em 2017 (Eurostat, 2019).....	7
Figura 4 – Fases da Avaliação do Ciclo de Vida (Coutinho [et al.], 2016).....	10
Figura 5 – Redução significativa de dióxido de enxofre (SO ₂) (Eurostat, 2019).....	12
Figura 6 – Moagem da mistura de matérias-primas (Epd [et al.], 2018e).....	18
Figura 7 – Serragem das peças, para as dimensões pretendidas (Epd [et al.], 2018e).....	18
Figura 8 – Colagem das peças de grés porcelânico (Weber, 2019).....	19
Figura 9 – Placas Cerâmicas coladas em fachada exterior (Sika, 2019).....	20
Figura 10 – Fachada com revestimento em pintura (Obrastotais, 2021).	22
Figura 11 – Fixação pontual oculta dos revestimentos não aderentes (Sampedras, 2012).	23
Figura 12 – Revestimento em Placas de Madeira (Pugliesi, 2021).	23
Figura 13 – Combinação de Revestimento de Fachada em Madeira com Vidro (Hufft, 2021).	24
Figura 14 – Revestimento não aderente com Placas de Pedra Natural (Alproser, 2019)....	25
Figura 15 – Constituição dos Painéis Compósitos de Alumínio.	26
Figura 16 – Fachada revestida com Painéis Compósitos de Alumínio, com exemplificação de várias cores possíveis (Indiamart, 2021).	26
Figura 17 – Fachada Revestida com Painéis Sandwich (Bifire, 2021).....	27
Figura 18 – Constituição do Painel Sandwich: Duas folhas metálicas e isolamento no meio destas (Painel, 2018).....	27
Figura 19 – Fixação dos Painéis Sandwich (Painel, 2018) (Ach, 2021).....	28
Figura 20 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Placas de Grés Porcelânico.	37
Figura 21 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Placas Cerâmicas.	40
Figura 22 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Pintura.....	43
Figura 23 – Gráficos Radar para as 3 soluções de Placas de Madeira.	46
Figura 24 – Gráficos Radar para as 3 soluções de Placas de Pedra.	49
Figura 25 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Painéis Compósitos de Alumínio.	52
Figura 26 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Painéis Sandwich.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Fases da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto de construção.....	9
Tabela 2 – Indicadores de Impacto Ambiental.	10
Tabela 3 – Requisitos Básicos das Obras de Construção.	15
Tabela 4 – Unidades e Indicadores Ambientais propostos.	30
Tabela 5 – Indicadores Funcionais propostos.	30
Tabela 6 – Unidades e Indicadores Económicos propostos.	31
Tabela 7 – Legenda Geral dos Indicadores propostos.	33
Tabela 8 – Justificação da melhor e pior solução, dos Indicadores propostos.	33
Tabela 9 – Indicadores propostos, para as Placas de Grés Porcelânico.....	35
Tabela 10 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos para as Placas de Grés Porcelânico.....	35
Tabela 11 – Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas de Grés Porcelânico.	36
Tabela 12 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para as Placas de Grés Porcelânico.....	36
Tabela 13 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	36
Tabela 14 – Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.	38
Tabela 15 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos para as Placas Cerâmicas.	38
Tabela 16 – Ponderação dos Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.	39
Tabela 17 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.....	39
Tabela 18 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	39
Tabela 19 – Justificação da Melhor e Pior solução, das Pinturas sobre reboco (Consultar também a Tabela 8).....	41
Tabela 20 – Indicadores propostos, para a Pinturas sobre reboco.....	41
Tabela 21 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.	41
Tabela 22 – Ponderação dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.	42
Tabela 23 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.	42
Tabela 24 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	42
Tabela 25 – Indicadores propostos, para as Placas de Madeira.....	44

Tabela 26 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para as Placas de Madeira.	44
Tabela 27 – Ponderação dos Indicadores propostos, para as Placas de Madeira.	45
Tabela 28 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para as Placas de Madeira.	45
Tabela 29 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	45
Tabela 30 – Justificação da Melhor e Pior solução, das Placas de Pedra (Consultar também a Tabela 8).....	47
Tabela 31 – Indicadores propostos, para as Placas de Pedra.	47
Tabela 32 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para as Placas de Pedra.	47
Tabela 33 – Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas de Pedra.	48
Tabela 34 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para as Placas de Pedra.	48
Tabela 35 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	48
Tabela 36 – Justificação da Melhor e Pior solução, dos Painéis Compósitos de Alumínio (Consultar também a Tabela 8).....	49
Tabela 37 – Indicadores propostos, para os Painéis Compósitos de Alumínio.	50
Tabela 38 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para os Painéis Compósitos de Alumínio.....	50
Tabela 39 – Ponderação dos Indicadores propostos para os Painéis Compósitos de Alumínio.	50
Tabela 40 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para os Painéis Compósitos de Alumínio.	51
Tabela 41 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	51
Tabela 42 – Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.	53
Tabela 43 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.	53
Tabela 44 – Ponderação dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.	53
Tabela 45 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.	54
Tabela 46 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.....	54

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

DAP – Declaração Ambiental de Produto

1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

As alterações climáticas, as exigências dos consumidores de produtos, os custos associados aos investimentos iniciais e de manutenção dos edifícios, são fatores que têm levado à intensificação dos estudos relacionados com a sustentabilidade dos materiais usados como revestimento de fachada.

A sustentabilidade é um tema que tem sido alvo de diversos estudos, nas suas diferentes dimensões: ambientais, sociais e económicas. A fim de encontrarmos um ponto de equilíbrio para uma melhor vivência do dia a dia, é necessário intervir nas diferentes dimensões e considerá-las como um todo.

Uma vez que o setor da construção é um dos maiores consumidores de matérias-primas, dar resposta ao problema climático e melhorar a gestão de recursos, torna-se uma urgência e prioridade, para que a dimensão social e económica, restabeleçam o equilíbrio entre elas.

1.2 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo o estudo da sustentabilidade de alguns materiais usados como revestimento de fachada, com a proposta de Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos para a realização do estudo.

Pretende-se estudar, mediante alguns revestimentos apresentados, quais os que têm menor impacto ao nível ambiental, melhores características funcionais e os que são mais económicos, durante o respetivo ciclo de vida.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em sete capítulos.

No Capítulo 1, Introdução, é feita uma breve apresentação da problemática atual direcionada à Sustentabilidade e quais os objetivos da presente dissertação.

No Capítulo 2, Sustentabilidade, é abordado o tema da Sustentabilidade, primeiro numa visão geral e depois numa visão direcionada à Construção. Seguida de uma breve apresentação de alguns impactos ambientais associados ao Setor da Construção.

No Capítulo 3, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), é elaborado um enquadramento do tema e descrição de alguns indicadores usados para quantificação dos impactos ambientais de um produto.

No Capítulo 4, Revestimentos de Fachadas, abordam-se exigências funcionais, e revestimentos no geral, terminando com a descrição dos revestimentos considerados no presente estudo.

No Capítulo 5, Indicadores, é descrita a Metodologia de MARS-SC e proposto Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

No Capítulo 6, Apresentação e Discussão de Resultados, é elaborada uma análise pormenorizada dos indicadores propostos.

No Capítulo 7, Conclusão, são apresentadas as conclusões desde o início do estudo, e os desenvolvimentos futuros.

2

SUSTENTABILIDADE

2.1 CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

Após a Segunda Guerra Mundial, seguiu-se um período de construção de habitações e vias de comunicação, requalificação/criação de zonas dedicadas à agricultura e criação de animais. Devido a tal situação, houve um crescimento exponencial do mercado, para se conseguir responder às urgentes necessidades básicas da época. Por outro lado, este crescimento nota-se hoje, muito desordenado em determinadas zonas, sem reflexos a nível de Planeamento do Território. E, desta forma, o tema da sustentabilidade começou a ser alvo de preocupação pela enorme dependência e uso de recursos naturais (Vosgueritchian, 2005).

Sustentabilidade advém do latim *sustentare* no sentido de conservar, cuidar e defender o meio ambiente. É um tema que tem vindo a ter cada vez maior importância e alvo de estudos, pois os recursos naturais do nosso planeta têm vindo a diminuir, devido aos aumentos dos impactos ambientais provocados pela atividade humana.

Estes aumentos podem ser interpretados pela falta de consciência e desinformação sobre as práticas do dia-a-dia do ser humano como também, pela prática de certas atividades como a agricultura, a construção, a extração de minério, entre outras. A sustentabilidade não só depende das políticas dos governantes, como também da população. Ambos se tornam essenciais em prol de bons resultados.

A Sustentabilidade entende-se pelo equilíbrio entre Dimensões Ambientais, Sociais e Económicas, tal como se apresenta na Figura 1.



Figura 1 – Sustentabilidade: Dimensão Social, Ambiental e Económica (Dickie, 2010).

No que diz respeito à **Dimensão Ambiental**, pretende-se minimizar os impactos ambientais e melhorar a conservação e gestão dos recursos naturais, tendo maior cuidado com os recursos naturais não renováveis, respeitando o ciclo natural do planeta Terra. (Bcsd, 2021)

Relativamente à **Dimensão Social**, pretende-se a igualdade e a reconhecimento das diferentes culturas, a acessibilidade das mesmas oportunidades na sociedade, de forma a satisfazer todas as necessidades e proporcionar melhor qualidade de vida à população (Bcsd, 2021).

Por fim, e não menos importante, a **Dimensão Económica**, que visa a oferta de emprego para o crescimento económico, a viabilidade económica e a apropriada gestão de recursos (Bcsd, 2021).

Assim, uma das grandes questões da sustentabilidade é, como se pode atingir o desenvolvimento a nível social e económico sem colocar em causa o meio ambiente.

2.2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

O estudo da Sustentabilidade na construção é fundamental, pois quer-se garantir do início ao fim de vida de uma construção, a redução dos impactos ambientais e a redução da produção de resíduos de construção e demolição. Os impactos ambientais associados aos materiais iniciam-se na extração das matérias-primas necessárias ao seu fabrico, no fabrico, na instalação, seguindo-se a fase de utilização e, por fim, o fim de vida dos materiais.

A constante preocupação sobre os impactos ambientais gerados na construção, quer por parte do governo, quer por parte da população, tem exigido mais estudos e encontro de soluções que se tornem menos prejudiciais ao ambiente.

É, principalmente na fase de projeto, que devem ser encontradas soluções que vão ao encontro da redução da utilização de recursos naturais e utilização de energia, não deixando de se garantir o conforto e a saúde dos utilizadores, bem como a redução de resíduos de construção. Quer isto dizer que se deve fazer uma escolha de soluções e escolha de materiais, de forma mais consciente (Oliveira, 2015).

A qualidade de um material representa o grau de cumprimento dos requisitos para o qual o material foi pensado, com determinadas características como por exemplo, a sua funcionalidade.

Um material tem qualidade quando cumpre as exigências funcionais e, em simultâneo, quando cumpre as exigências por parte do cliente. Por outras palavras, existe qualidade quando as exigências são cumpridas. E, pensar em qualidade na construção, é pensar na preservação do meio ambiente, através de escolhas de materiais sustentáveis e que cumpram as exigências referidas anteriormente e, na redução da produção de resíduos de construção e demolição.

Para se contribuir para uma construção mais sustentável, é necessário que os materiais sejam sustentáveis e, ter conhecimento do impacto ambiental causado por cada um deles. Os materiais sustentáveis são locais (encontrar-se-ão próximos do local de aplicação, evitando-se grandes distâncias de transporte), produzidos com recurso a matérias-primas renováveis, estão associados a um uso menor de energia, ausentes de substâncias tóxicas prejudiciais à saúde das pessoas e ao ambiente, com durabilidade aceitável, certificados e, com possibilidade de reutilização no seu fim de vida.

Os materiais em fim de vida podem ser usados como matérias-primas para o fabrico de outros materiais, o que representará uma diminuição de resíduos. Um outro fator a ter em conta para a construção mais sustentável, é a preferência pela intervenção em edifícios existentes – reabilitação – e evitar as construções novas sempre que possível.

2.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA AO LONGO DA VIDA ÚTIL DO EDIFÍCIO

A manutenção de edifícios é considerada ainda, nos tempos de hoje, uma atividade que gera despesa. E assim, apesar do esforço que se tem sentido para mudar essa interpretação, não tem ainda a atenção merecida. Apesar disso, esta está a ter um pequeno aumento devido às exigências de desempenho dos edifícios e da saúde dos utilizadores.

Existem diferentes estratégias de manutenção, sendo uma delas, a manutenção preventiva. Esta visa planejar e intervir antes de a patologia ocorrer, evitando que o elemento perca o seu desempenho. Torna-se bastante vantajoso aplicar esta estratégia uma vez que, quanto mais cedo se intervir e evitar o aparecimento da patologia, menos impacto terá a nível de custos (Tavares, 2009).

Os custos associados à fase de utilização podem variar com as condições ambientais a que está sujeito, assim como com a regularidade com que é feita a manutenção, quer seja uma manutenção preventiva ou outra.

Assim, de forma a manter o desempenho e funcionalidade para os quais os revestimentos foram aplicados, é fulcral ter uma estratégia de manutenção com uma periodicidade adequada.

2.4 IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AO SETOR DA CONSTRUÇÃO

2.4.1 ENQUADRAMENTO

Um dos setores que mais contribui de forma negativa para o ambiente, é o setor da Construção. Devido ao aumento da população, aos consumos e exigências do quotidiano, a Indústria da Construção tem sentido um enorme crescimento ao nível da procura (Pacheco-Torgal [et al.], 2010) (Bcsd, 2021).

As empresas tornaram-se cada vez mais competitivas de forma a satisfazerem um maior número de exigências por parte dos clientes e dos restantes interessados (Bcsd, 2021).

Segundo (Pacheco-Torgal [et al.], 2010), a Indústria da Construção *“é responsável por 30% das emissões de carbono, sendo que o parque edificado consome 42% da energia produzida. Além disso a nível mundial a indústria da construção consome mais matérias-primas (aproximadamente 3000 Mt/ano, quase 50% em massa) que qualquer outra atividade económica, o que evidencia um sector claramente insustentável”*.

Os impactos ambientais mais significativos associados à construção são, por exemplo: a produção de resíduos, o elevado consumo de energia (quer no fabrico dos materiais, na sua instalação, quer na fase de utilização), elevado recurso a matérias-primas, a poluição do ar, dos solos e da água.

Desta forma, deve procurar-se melhorar as práticas do ser humano para com o Planeta bem como, arranjar alternativas ao uso dos recursos naturais não renováveis, de forma a minimizar os impactos ambientais para as gerações futuras, sem deixar de satisfazer as nossas necessidades no presente.

2.4.2 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

A produção de resíduos está associada aos desperdícios na extração da matéria-prima, no fabrico dos materiais e aos desperdícios gerados durante a fase de construção bem como numa eventual demolição.

A fim de se conseguir gerir os resíduos, é fundamental o conhecimento quantitativo dos mesmos, ou seja, para que estes desperdícios sejam reduzidos, é importante a quantificação aproximada dos materiais

necessários para a construção. Outra vertente é, a utilização de materiais que possam ser reutilizados no seu fim de vida (na desconstrução).

Os desperdícios gerados durante a fase de construção, são geralmente mais fáceis de tratar, uma vez que estão menos contaminados e menos misturados com outros materiais. Por outro lado, os resíduos oriundos de uma demolição estão geralmente misturados com outros materiais e produtos e é necessário um tratamento diferente e mais complexo. Os materiais levados para aterro vão ocupar espaço e gerar poluição do ar, da água e dos solos e emitir poluentes para a atmosfera (Monier [et al.], 2011) (Eurostat, 2019).

Com o agravar da problemática ambiental, a implementação de medidas e políticas direccionadas com os resíduos, tem aumentado. No entanto, existe ainda um longo caminho a percorrer, para se obter uma boa e eficaz, gestão de resíduos.

O gráfico da Figura 2, mostra a produção de resíduos por sector económico e residencial, na Europa em 2016.

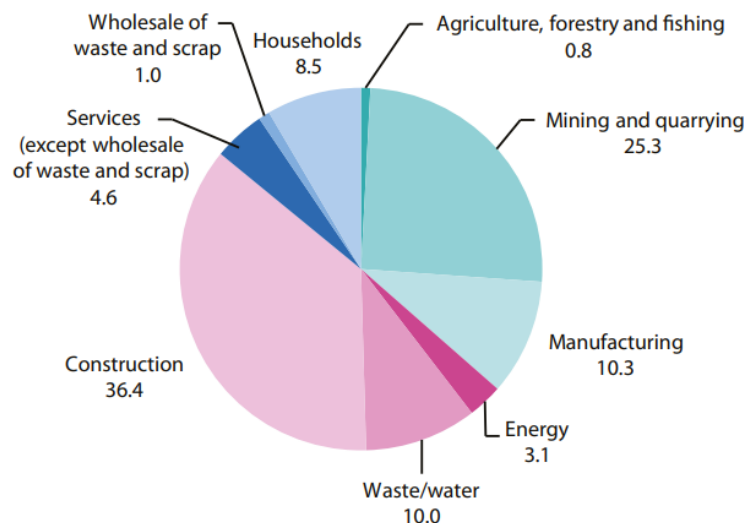


Figura 2 – Produção de resíduos por sector económico e residencial na Europa, em 2016 (Eurostat, 2019).

Pela análise do gráfico da Figura 2, o sector da agricultura, silvicultura e pesca produz 0,8% de resíduos, representando o menor valor de produção de resíduos ao nível global. Os consumos domésticos, produzem 8,5% de resíduos. O sector da construção, produz 36,4% de resíduos sendo este, o que mais produz ao nível global (o material que mais é desperdiçado é a madeira, resultante das cofragens de betão).

Assim, uma vez mais percebe-se que o sector da construção é claramente insustentável, havendo a necessidade de adotar medidas e consciência do peso que este tem para o ambiente e para a economia.

2.4.3 CONSUMO DE ENERGIA

A energia foi em tempos, um dos grandes desenvolvimentos na sociedade, tornando-se essencial no dia-a-dia da população. Esta evolução levou ao crescente uso de energias renováveis, que foram sendo substituídas por energias fósseis, não renováveis.

Com o acelerar das alterações climáticas, as políticas direccionadas ao clima passaram a ter um foco maior, sendo um dos objetivos, a mudança para a utilização de fontes de energia mais sustentáveis.

Como foi referido anteriormente, a Indústria da Construção é dos sectores que mais prejudica o ambiente e, surgem questões relativamente ao possível reverter da situação ambiental. Considera-se como uma das respostas, soluções pensadas desde a fase de projeto, que vão ao encontro da eficiência energética dos edifícios, havendo a possibilidade de inovação do setor, que se encontra estagnado (Moura [et al.], 2013).

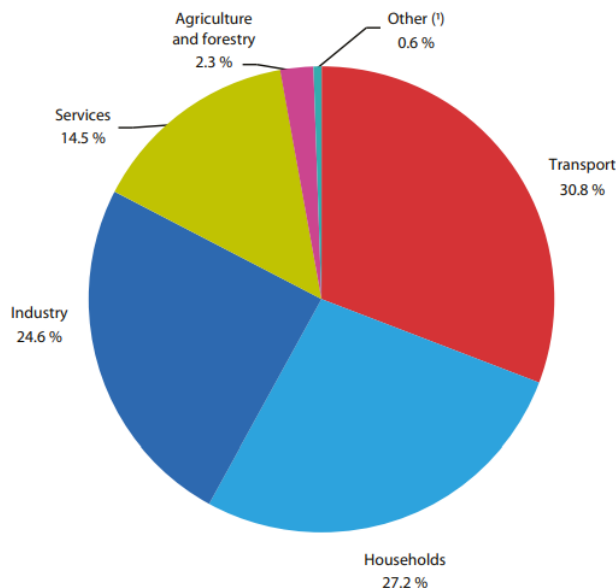


Figura 3 – Consumo Final de Energia por setor na Europa, em 2017 (Eurostat, 2019).

No gráfico da Figura 3, estão representados os consumos de energia por setor, destacando-se três deles: os transportes com 30,8%, os consumos domésticos com 27,2% e a indústria com 24,6%.

Contudo, é possível constatar que a associação dos consumos do setor domésticos com os consumos do setor dos serviços (embora estes não refiram qual a percentagem referente à construção), representam uma enorme percentagem, pois existe uma grande parte também de consumos dos edifícios, associados ao setor dos serviços e, conseqüentemente, maior impacto para o ambiente. É necessário adotar medidas desde a fase de projeto, de forma a minimizar estes consumos domésticos e, adotar medidas para otimizar os consumos industriais.

2.4.4 USO DE MATÉRIAS-PRIMAS

A extração de matérias-primas não renováveis tem um pouco mais importância em comparação com a extração de matérias-primas renováveis. Pois estas últimas, apesar de serem extraídas a uma velocidade maior do que a sua reposição, não vão deixar de existir. Contrariamente às matérias-primas não renováveis, pois assim que se esgotem, não voltarão a estar disponíveis.

3

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

3.1 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A Avaliação do Ciclo de Vida de um produto entende-se pela reunião de diversas fases, contabilizando nos diferentes produtos ou família de produtos, os potenciais impactos ambientais, a energia associada a cada um deles e as respetivas emissões para a atmosfera. Esta avaliação está, desde os anos 90, normalizada pela norma ISO 14040:2006 (Da Costa Rodrigues, 2020).

A avaliação dos impactos ambientais dos diferentes materiais pode ser feita do berço à sepultura, “*from cradle to grave*”, do berço ao local da obra, “*from Cradle to site*”, do berço ao portão da fábrica, “*from cradle to gate*” ou do berço ao berço “*from cradle to cradle*”. No caso de a avaliação ser feita do berço à sepultura, são consideradas as fases: produção, construção, fase de uso e fim de vida. No caso de a avaliação ser feita do berço ao portão, é apenas considerada a fase de produção, que contém como subfases a extração da matéria-prima, o transporte para a fábrica e o respetivo fabrico.

Na Tabela 1, estão representadas as fases anteriormente mencionadas, adaptada de uma Declaração Ambiental de Produto (Epd [et al.], 2018c).

Tabela 1 – Fases da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto de construção.

Etapa de produção			Etapa do processo de construção		Etapa de uso							Etapa de fim de vida			
Extração de matérias-primas	Transporte	Fabrico	Transporte do portão ao local	Instalação	Uso	Manutenção	Reparação	Substituição	Reabilitação	Uso de energia	Uso da água	Desconstrução	Transporte	Processamento de resíduos	Deposição
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4

3.2 DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTO (DAP)

Uma Declaração Ambiental de Produto (DAP), do inglês *Environmental Product Declaration (EPD)*, é um documento que regista quantitativamente os impactos ambientais de um determinado produto, durante o seu Ciclo de Vida (Saint-Gobain, 2021)

Esta declaração ambiental é importante para facilitar a comparação de diferentes soluções construtivas e perceber quais terão melhor desempenho assim como, quais as que representarão maior impacto ambiental.

As Declarações Ambientais de Produto que estão na base dos resultados obtidos, na presente dissertação, correspondem à etapa de fabrico, do berço até ao portão, “*from Cradle to Gate*” (Ecoplatform, 2021) (Dias [et al.], 2013).

Na Figura 4, estão representadas todas as fases do ciclo de vida de um material.



Figura 4 – Fases da Avaliação do Ciclo de Vida (Coutinho [et al.], 2016).

Na Tabela 2, descrevem-se os principais indicadores de Impacto Ambiental.

Tabela 2 – Indicadores de Impacto Ambiental.

Parâmetro	Impacto Ambiental	Unidade
GWP	Global warming potential	[kg CO ₂ -eq.]
ODP	Ozone depletion potential	[kg CFC11-eq.]
AP	Acidification potential of soil and water	[kg SO ₂ -eq.]
EP	Eutrophication potential	[kg PO ₄ ³⁻ eq.]
POCP	Photochemical ozone creation potential	[kg C ₂ H ₄ -eq.]
ADPE	Abiotic depletion potential for non-fossil resources	[kg Sb-eq.]
ADPF	Abiotic depletion potential for fossil resources	[MJ]

3.2.1 GWP – POTENCIAL DE AQUECIMENTO GLOBAL

No seguimento do acordo de Quioto realizado em 1997, foi estabelecido que o potencial de aquecimento global (GWP) seria usado para fazer a conversão entre as variadas emissões de gases de efeito de estufa para o dióxido de carbono (CO₂), sendo que foi melhorado em 2013 pela “*UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, decision 24/CP.19)*” devido à exigência de alteração dos valores para cem anos (Andersson-Sköld [et al.], 1992).

O aumento do número de anos de estudo é importante, pois existem certos gases que no início do seu surgimento representam valores muito significativos, mas com o passar dos anos, deixam de ter tanta importância, e vice-versa. É o caso do metano, tendo um potencial de aquecimento global de 34 [kg CO₂-eq.] em 100 anos, ou seja, tem um GWP100 igual a 34 [kg CO₂-eq.], mas em 20 anos, o GWP 20 igual a 86 [kg CO₂-eq.]. Contrariamente, o SF₆ (hexafluoreto de enxofre) tem um potencial de aquecimento global de 22 800 [kg CO₂-eq.] em 100 anos, ou seja, GWP 100 é igual a 22 800 [kg CO₂-eq.] e, um GWP 20 igual a 16 300 [kg CO₂-eq.] (Andersson-Sköld [et al.], 1992).

Assim, o estudo fica mais completo e real se for feito para um maior número de anos (atualmente, cem anos).

3.2.2 ODP – POTENCIAL DE DESTRUIÇÃO DA CAMADA DO OZONO

O Potencial de Destruição da camada do Ozono teve a primeira proposta de medição vinda de Donald James Wuebbles (um professor universitário no estado Americano de Illinois), em 1983. Tendo-se definido OPD como uma “*medida dos efeitos destrutivos de uma substância em comparação com uma substância de referência*” sendo mais precisa “*a razão entre a perda global de ozono devido à substância dada e a perda global de ozono devido ao CFC-11 da mesma massa*”. CFC-11 é o triclorofluorometano (Hurwitz [et al.], 2015).

3.2.3 AP – POTENCIAL DE ACIDIFICAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

As emissões de vários compostos para a atmosfera, como por exemplo, o dióxido de enxofre (SO₂), o amoníaco (NH₃), entre outros, após várias reações químicas, tornam-se substâncias ácidas. Estas substâncias dão origem às conhecidas Chuvas Ácidas.

Uma das consequências destas chuvas é a acumulação de substâncias contaminantes nos solos, nas águas superficiais e nas águas subterrâneas.

Assim, o Potencial de Acidificação é um indicador que tem como unidade os quilogramas de SO₂ equivalente, por cada quilograma de emissões para a atmosfera (Da Costa Rodrigues, 2020).

Segundo (Eurostat, 2019) a maior diminuição de emissões para a atmosfera registada entre o ano de 1990 e 2016, foi o dióxido de enxofre (SO₂) e pelo contrário, a menor diminuição foi de amoníaco (NH₃), conforme a Figura 5.

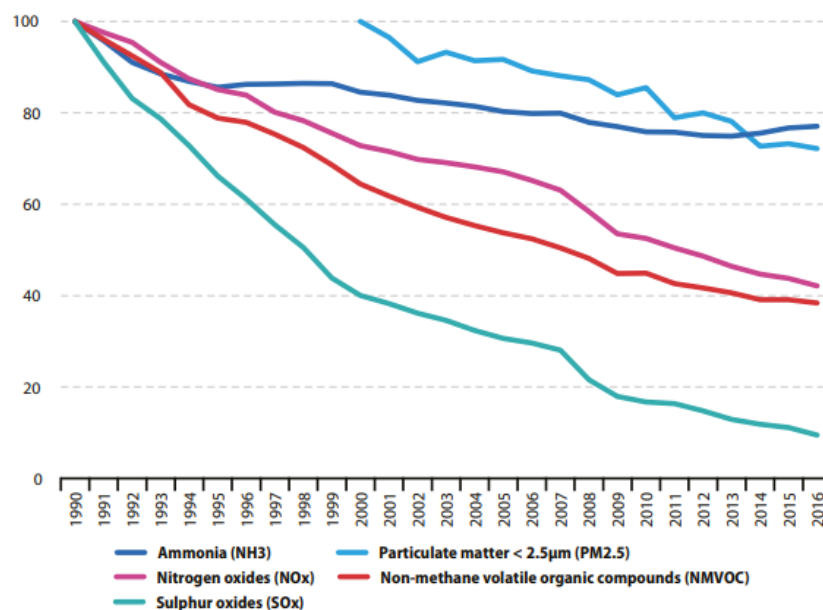


Figura 5 – Redução significativa de dióxido de enxofre (SO₂) (Eurostat, 2019).

3.2.4 EP – POTENCIAL DE EUTROFIZAÇÃO

A Eutrofização está associada à elevada quantidade de substâncias poluentes depositadas nos solos (maioritariamente fósforo e azoto), que são transportadas para os cursos naturais de água.

Estas substâncias provêm dos fertilizantes agrícolas, dos resíduos industriais, entre outros, que geram um aumento de algas nos cursos naturais, diminuindo a quantidade de oxigénio. Tendo como grave consequência associada, o adocimento ou até mesmo a morte dos animais.

É um indicador expresso em quilogramas de fosfato (PO₄³⁻) equivalente por quilograma de emissões (Sawyer, 1966) (Ambscience, 2021).

3.2.5 POCP – POTENCIAL DE FORMAÇÃO DE OZONO TROPOSFÉRICO

A formação de ozono depende da radiação solar. Isto significa que, durante a noite, não há produção de ozono, mas existe produção de outros poluentes secundários. A produção de ozono está também associada à movimentação de ar na atmosfera (velocidades baixas levam a maior concentração de poluentes), à existência ou não de nuvens e às temperaturas (temperaturas mais altas provocam maiores emissões para a atmosfera).

Assim, este indicador é expresso em quilogramas de etileno (C₂H₄) equivalentes por quilograma de emissões (Epa, 2005) (Andersson-Sköld [et al.], 1992).

3.2.6 ADP – POTENCIAL DE DIMINUIÇÃO DOS RECURSOS ABIÓTICOS NÃO- FÓSSEIS

Contrariamente aos recursos fósseis, os recursos não-fósseis são renováveis, como por exemplo, a energia solar, a energia hídrica, a energia eólica, o solo, entre outros.

Este indicador tem como unidade megajoule (MJ), tornando-se um indicador comparativo em termos de utilização de energias renováveis ou não renováveis (Da Costa Rodrigues, 2020).

3.2.7 ADPF - POTENCIAL DE DIMINUIÇÃO DOS RECURSOS ABIÓTICOS FÓSSEIS

Os recursos fósseis, são considerados os principais geradores de energia, como por exemplo, o carvão, o petróleo, o gás natural e os minerais, sendo precisos milhões de anos para se formarem. Estes recursos são consumidos a uma escala maior do que a natureza consegue produzi-los e, sem possibilidade de reposição. O que se consome, fica perdido.

Assim, este indicador tem como unidade kg Sb-eq., ou seja, quilogramas de antimónio equivalente, por quilogramas de recurso extraído. O antimónio é um elemento tóxico, tendo impactos ambientais à escala mundial (Roseta-Palma, 1997).

A seguir apresentam-se mais dois parâmetros que não foram adicionados à Tabela 2, mas que, no entanto, foram considerados no presente estudo.

3.2.8 PERNT – USO TOTAL DE RECURSOS DE ENERGIA PRIMÁRIA NÃO RENOVÁVEL

Tal como o título indica, este indicador expressa o uso total de recursos de energia primária não renovável, durante a fase de produção do material.

Este indicador tem como unidade o Megajoule (MJ) e, quando menor o seu valor, menor será recurso de energia e, portanto, a prática mais indicada em prol do ambiente.

3.2.9 PERT - USO TOTAL DE RECURSOS DE ENERGIA PRIMÁRIA RENOVÁVEL

À semelhança do anterior, tal como o título indica, este indicador expressa o uso total de recursos de energia primária renovável, durante a fase e produção.

Este indicador tem como unidade o Megajoule (MJ).

4

REVESTIMENTOS DE FACHADAS

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Existem diferentes tipos de revestimentos de fachadas que podem ser aplicados em edifícios habitacionais. A seleção pode depender das exigências funcionais, dos custos ao longo da vida útil do edifício, do aspeto visual, entre outros.

4.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS

Um revestimento de fachada deve assegurar a proteção do edifício contra as agressões do ambiente exterior. É de maior relevância que este garanta a estanquidade à água, a permanência das características iniciais dos restantes materiais, que garanta a estabilidade mecânica, o comportamento ao fogo, a durabilidade e contribua para o conforto visual da fachada (Grossi, 2017).

Devem cumprir-se requisitos, em função das solicitações a que possam estar sujeitos os materiais e assim, foi publicado o Regulamento (EU) n.º 305/2011 a 9 de março de 2011, tornando-se necessário desde então, considerar o Regulamento dos Produtos de Construção (RPC), onde constam os requisitos para os mesmos. Este Regulamento descreve os procedimentos necessários a adotar de forma que os produtos sejam adequados para a função que vão desempenhar ou seja, que sejam cumpridos os objetivos de projeto (Lneq, 2013).

Na Tabela 3, estão representados os requisitos básicos:

Tabela 3 – Requisitos Básicos das Obras de Construção.

Requisitos Básicos das Obras de Construção
Resistência mecânica e estabilidade
Segurança contra incêndio
Higiene, saúde e ambiente
Segurança e acessibilidade na utilização
Proteção contra o ruído
Economia de energia e isolamento térmico
Utilização sustentável dos recursos naturais

Para que um determinado produto seja livre de circulação no Espaço Económico Europeu (EEE) e possa ser utilizado em obra, é necessário que este tenha uma marcação CE, realizada pelos fabricantes, em conformidade com os regulamentos e requisitos anteriormente mencionados (S.A., 2017).

Existe uma enorme variedade de revestimentos de fachada, que podem ser aplicados isoladamente ou combinados com outros materiais de revestimento.

Como revestimentos aderentes, existem, entre outros, os seguintes:

- Placas de Pedra Natural;
- Placas de Pedra Artificial;
- Reboco Monocamada;
- Sistema ETICS;
- Reboco tradicional;
- Placas de Grés Porcelânico;
- Placas Cerâmicas;
- Pintura sobre reboco.

Como revestimentos não aderentes, existem, entre outros, os seguintes:

- Placas de Grés Porcelânico;
- Placas de Ladrilhos Cerâmicos;
- Painéis de Resinas Fenólicas;
- Painéis Compósitos de Partículas de Madeira e Cimento;
- Folhas de Chapa de Aço Perfilada;
- Placas de Vidro;
- Placas de Madeira;
- Placas de Pedra;
- Painéis Compósitos de Alumínio;
- Painéis Sandwich.

Cada vez mais, os projetos combinam diferentes tipos de materiais, com diferentes origens e dimensões, criando um design diferente e apelativo, do que é hoje o moderno.

4.3 REVESTIMENTOS ANALISADOS

Na presente dissertação, houve a necessidade de fazer uma seleção de revestimentos de fachada, uma vez que se sentiu alguma dificuldade em encontrar informação ao nível ambiental e as respetivas Declarações Ambientais de Produto, já referidas anteriormente, fundamentais para o presente estudo.

Os revestimentos de fachada considerados foram: placas de grés porcelânico e placas cerâmicas aderentes por colagem, pinturas sobre reboco e, revestimentos não aderentes como as placas de madeira, placas de pedra, painéis compósitos de alumínio e painéis sandwich de fachada.

4.3.1 REVESTIMENTOS ADERENTES

Nos revestimentos aderentes, a fixação é feita diretamente ao suporte, sendo objeto de estudo na presente dissertação, a colagem com o recurso a cimento cola, que foi considerada em cada solução.

O método de aplicação dos revestimentos aderentes foi evoluindo ao longo dos anos, deixando de ser aplicados com recurso a argamassas tradicionais e passando a ser aplicados com produtos pré-doseados vindos de fábrica. As exigências a nível da qualidade da construção e do rendimento para execução dos trabalhos, incentivaram a que estas técnicas fossem otimizadas. Algumas vantagens das argamassas pré-doseadas são as seguintes (Arquitetura, 2019) (Leão, 2020) (Gomes, 2009):

- Maior qualidade de produto final, devido aos ensaios e estudos realizados durante o fabrico;
- Redução de desperdícios durante a aplicação; pode salientar-se que, a mão de obra qualificada é também uma mais-valia, quer na execução dos trabalhos, quer na gestão do produto;
- Existência de Fichas Técnicas de Produto; ou seja, documentos escritos que referem os materiais necessários para execução dos trabalhos, as respetivas quantidades, assim como o método de aplicação;
- Assistência técnica para eventual necessidade;
- Otimização de espaço no estaleiro;

A procura destes revestimentos deveu-se à inovação da tecnologia de produção, sendo fabricados para variadas dimensões, características e locais de aplicação (Cliper, 2014).

Os revestimentos aderentes considerados foram as placas de grés porcelânico e as placas cerâmicas. O método de aplicação é idêntico entre eles, diferindo apenas no tipo de revestimento.

A constituição do revestimento é, do exterior para o interior, ladrilho (ou placa), material para a colagem, e a respetiva parede de suporte.

Assim como foram referidas vantagens da utilização de argamassas pré-doseadas, as placas também possuem vantagens, como por exemplo: resistentes ao fogo, à abrasão, às intempéries, à exposição solar, entre outros (Cliper, 2014).

Apresentam bastante durabilidade, excluindo o descolamento devido à perda de eficiência do cimento cola, à fissuração devido à compressão entre as diferentes placas provocada pela reduzida espessura das juntas, por exemplo.

Relativamente aos custos de manutenção, são bastante reduzidos comparativamente com outros revestimentos. Esta muitas vezes é pontual e a limpeza, por exemplo, é feita apenas com água (salvo algumas exceções), não tendo associado o uso de produtos químicos prejudiciais para o ambiente.

4.3.1.1 Revestimento em Placas de Grés Porcelânico

As placas de Grés Porcelânico passam por algumas fases de fabrico até ao produto final. As matérias-primas (normalmente argila, areia, pigmentos e feldspato) são doseadas, moídas com uma fração aquosa aproximadamente de 30%. Estando esta etapa concluída, a mistura é seca com correntes de ar seco (aproximadamente a 600°C), de forma a obter-se teores de água adequados.

A Figura 6, ilustra a mistura de matérias-primas moídas, com teores de água adequados à fase seguinte, que é a prensagem.



Figura 6 – Moagem da mistura de matérias-primas (Epd [et al.], 2018e).

Após prensagem a seco, é aplicado esmalte ou outro tipo de acabamento decorativo. Por fim, as peças são colocadas num forno (com temperaturas compreendidas entre 1000°C a 1300°C) onde lhe são conferidas as características e propriedades finais, como por exemplo, resistência à abrasão, resistência à flexão, entre outras características, sendo esta a etapa mais importante do fabrico. Pretende-se uma mistura de matérias-primas que confira ao produto final, elevada resistência mecânica.

O produto final tem diferentes dimensões, cores, texturas e acabamentos e, com a possibilidade de serem aplicados tanto no exterior como no interior (Medley, 1976).

Na Figura 7, é apresentada uma fotografia captada durante a serragem das peças.



Figura 7 – Serragem das peças, para as dimensões pretendidas (Epd [et al.], 2018e).

Estes revestimentos não são porosos e assim, apresentam uma reduzida absorção de água. Em função da vitrificação, estes podem representar uma absorção de água inferior a 0,5% e, garantindo elevada resistência ao gelo-degelo, mecânica e química (Cliper, 2014).

A Figura 8, ilustra a instalação das placas, com o auxílio de cruzeiras (estas têm várias dimensões que garantem o espaçamento entre placas pretendido, formando-se a junta). Posteriormente, esta junta é

preenchida com um betume, para um melhor acabamento a nível estético, mas também, para se impermeabilizar a junta impedindo que a água entre para o interior da placa e, posteriormente, ocorra o descolamento deste ou haja a passagem de humidade para o interior da habitação.



Figura 8 – Colagem das peças de grés porcelânico (Weber, 2019).

As placas de grés porcelânico analisadas foram quatro, com diferentes origens e, conseqüentemente, diferentes locais de produção, podendo estar associados processos de fabrico sensivelmente distintos, com aplicabilidade em ambientes exteriores e, com base na Norma Portuguesa ISO 10545.

As Placas de Grés Porcelânico 1, são placas que pesam aproximadamente 21,81 kg/m², são constituídas por argila, areia, feldspato e uma camada final de esmalte. As matérias-primas para a produção têm diferentes origens, uma vez que existe a impossibilidade de obter estas no mesmo local o até mesmo, perto umas das outras. Uma vez que ainda não existem muitas normas e uma gestão eficiente dos resíduos, cerca de 83% dos materiais seguem para o aterro controlado no seu fim de vida e, os restantes 17% são reciclados (Dapcons [et al.], 2018).

As Placas de Grés Porcelânico 2, são placas que pesam aproximadamente 25,6 kg/m², constituídas por 36% de argila, 20% de areia e 31% de feldspato, com uma camada final de esmalte. O esmalte é constituído essencialmente por Alumina e pigmentos naturais. Estas placas são resistentes às intempéries, resistentes à coesão, resistentes ao choque, entre outras. Após desconstrução no fim de vida destas placas, estas podem ser partidas e utilizadas em variadas aplicações, como por exemplo, como agregados ou até mesmo, nas construções de estradas. A última escolha será o transporte para aterro (Italy [et al.], 2018b).

As Placas de Grés Porcelânico 3, são placas que pesam aproximadamente 25,1 kg/m², constituídas por 20% a 40% de argila, 0% a 12% de caulino, 20% a 40% de feldspato, 15% a 30% de areia e 0 a 4% de pigmentos. O esmalte, é constituído maioritariamente por pó de argila, quartzo, alumina, pigmentos, sílica e feldspato. Estas placas são resistentes ao choque, ao congelamento, à abrasão, entre outras. À semelhança das Placas de Grés Porcelânico 2, estas placas no seu fim de vida, podem ser reaproveitadas para outras aplicações, sendo a deposição em aterro a última opção (Epd [et al.], 2018e).

As Placas de Grés Porcelânico 4, são placas que pesam aproximadamente 19,3 kg/m², constituídas por 25% de argila, 22% de areia e 20% de feldspato, com uma camada final de esmalte. O esmalte é constituído por pó de argila, alumina, pigmentos e sílica. Uma vez mais à semelhança das Placas de

Grés Porcelânico 2, estas placas são maioritariamente reaproveitadas para outras aplicações (Italy [et al.], 2018a).

4.3.1.2 Revestimento em Placas Cerâmicas

Depois de todas as matérias-primas estarem reunidas, inicia-se o ciclo de fabrico dos revestimentos cerâmicos. Estas são doseadas em ambiente controlado, de forma automática. A fase seguinte, e à semelhança das placas de Grés Porcelânico, é a moagem húmida das matérias-primas, a secagem a temperaturas aproximadamente iguais a 600°C (para se obter uma mistura com adequado teor de água, a humidade residual deve estar compreendida entre 5% a 6,5%), a prensagem em moldes, aplicação do acabamento final e por fim, cozedura durante cerca de 45 minutos a 1200°C.

A variedade de cores e formatos, tal como a forma simples de aplicação, fazem com que este revestimento seja muito usado.

A Figura 9 ilustra a colagem dos revestimentos cerâmicos, em ambiente exterior, sendo de fácil percepção as placas cerâmicas, o material de colagem e a parede de suporte. À semelhança das placas de Grés Porcelânico, as juntas são controladas pelas cruzes com as dimensões pretendidas.



Figura 9 – Placas Cerâmicas coladas em fachada exterior (Sika, 2019).

As Placas Cerâmicas analisadas foram quatro, com origens distintas, com aplicabilidade no exterior e, tendo como base, a Norma Portuguesa ISO 10545.

As Placas Cerâmicas 1, são placas com um peso aproximadamente igual a 14 kg/m² e constituídas maioritariamente por caulino e argila, estando associadas outras matérias-primas como, sílica, mármore e quartzo. No fim de vida das placas, assume-se que 50% dos resíduos gerados são reutilizados e, 50% dos resíduos vão para aterro (Epd [et al.], 2018c).

As Placas Cerâmicas 2, são placas com um peso aproximadamente igual a 24,70 kg/m², constituídas por 4,1% a 29,1% de argila, 0,9% a 6,1% de caulino, 5,2% a 36,7% de feldspato, 0,6% a 4,6% de areia, 23,0% a 88,0% de material reciclado, 0,8% a 1,3% de defloculante e 0,0% a 0,1% de sílica. Estas placas são praticamente impermeáveis à água e apresentam alta resistência ao aparecimento de manchas.

Chegando ao fim de vida, estas entra novamente no início do ciclo de produção, havendo um reaproveitamento total (Epd [et al.], 2017c).

As Placas Cerâmicas 3, são placas com um peso aproximadamente igual a 21,05 kg/m², constituídas por 37% a 41% de argila, 17% a 25% de areia, 21% a 25% de feldspato e 13% a 20% de outras matérias-primas. O esmalte é constituído maioritariamente por pó de argila, quartzo, alumina, pigmentos naturais e sílica. Estas são resistentes ao congelamento, aos agentes ácidos e básicos, entre outros. A percentagem de reaproveitamento de material no fim de vida é mais de 95% (Epd [et al.], 2018d).

As Placas Cerâmicas 4, são placas com um peso aproximadamente igual a 30,43 kg/m², constituídas por 22% a 39% de argila, 1,5% a 16% de areia, 19% a 52% de feldspato e 7% a 45% de outras matérias-primas. O esmalte é constituído maioritariamente por pó de argila, quartzo, alumina, pigmentos naturais e sílica. Igualmente como a maioria dos materiais já mencionados, estas placas são reaproveitadas no seu fim de vida para fabrico de novas placas ou outras aplicações (Epd [et al.], 2019a).

4.3.1.3 Revestimento de pintura sobre reboco

A pintura sobre reboco é considerada um acabamento decorativo, havendo a possibilidade de escolher a cor pretendida, enquadrando-se com o meio envolvente.

As tintas integram alguns processos de produção, começando-se pela dosagem das matérias-primas a utilizar. Estas são misturadas e agitadas num agitador de forma a desintegrar as partículas e obter uma mistura homogénea. É adicionado o solvente, sendo a água o mais usual, aos aditivos e respetivos pigmentos. De seguida realiza-se um ensaio de finura para se determinar o grau de dispersão da mistura. Após se ter adquirido um valor de finura adequado, adiciona-se o ligante para que as características da tinta sejam garantidas.

A pintura em fachadas tem de ter propriedades estanques à água e plasticidade adequada, havendo o cuidado constante de reparar possíveis aparecimentos de fissuras que, mesmo em pequenas dimensões, podem levar a que haja passagem de água para o interior do edifício ou surgimento de outras patologias. O estudo do esquema de pintura a aplicar numa determinada fachada deve ser o mais rigoroso possível. Pretende-se evitar as manutenções fora de plano e, escolher tintas adequadas ao ambiente que esta vai suportar com a melhor qualidade possível torna-se bastante vantajoso a médio/longo prazo, pois quanto melhor for esta tinta, menos necessidade haverá de recorrer à manutenção, devido ao desgaste desta.

A fachada exterior é uma superfície bastante exposta às condições ambientais como, água, vento, sol, entre outros agentes e, é importante mantê-la em bom estado para evitar o aparecimento de patologias no interior do edifício devido à alteração das suas propriedades como também, garantir o bom estado visual desta. À semelhança dos restantes revestimentos, o estado de conservação deve ser mantido, no entanto, este revestimento pode gerar problemas de forma mais rápida, no surgimento de pequenas patologias exteriores, uma vez que as espessuras em causa são menores.

É aconselhado proceder-se à aplicação de pintura em ambientes com temperaturas acima dos 5°C e com humidade relativa inferior a 80%, devido ao facto de condições diferentes poderem alterar as propriedades da tinta e colocar em causa o bom acabamento, durante a aplicação (Tintas&Pintura, 2014).

A Figura 10, ilustra um exemplo de um esquema de pintura, em habitações.



Figura 10 – Fachada com revestimento em pintura (Obrastotais, 2021).

As tintas analisadas foram quatro, com origens distintas, com aplicabilidade no exterior.

A Tinta 1, é uma tinta aquosa, com base de copolímeros de acrílico-vinil, de acabamento acetinado. Representa resistência ao aparecimento de bolores e manchas. Incorpora uma barreira anti carbonatação (Epd [et al.], 2020a).

A Tinta 2, é uma tinta de silicatos respirável, composta por silicatos de potássio, aditivos e pigmentos, não alterados com a exposição à luz solar e às intempéries. Esta tinta é resistente ao aparecimento de microrganismos e de bolhas superficiais, sendo maioritariamente recomenda a sua aplicação em superfícies minerais, como os rebocos (Epd [et al.], 2020a).

A Tinta 3 e a Tinta 4, são tintas 100% acrílicas, com resistência ao aparecimento de bolores, manchas e resistente às intempéries. As suas aplicabilidades são diversas, desde a aplicação em rebocos, betão, tijolos, entre outros (Ulenvironment [et al.], 2018) (Ulenvironment [et al.], 2017).

4.3.2 REVESTIMENTOS NÃO ADERENTES

Nos revestimentos não aderentes, a fixação é feita mecanicamente entre o revestimento e a parede de suporte (Margres 2019) (Epd [et al.], 2017d).

A seleção da fixação do revestimento com a parede de suporte deve ter em conta a sua durabilidade, pois esta tem de ser aproximadamente igual à durabilidade do revestimento, uma vez que se torna inacessível. De forma a aumentar a durabilidade da fixação, devem ser aplicados tratamentos que se considerem necessários, na superfície dos elementos de fixação, antes de serem aplicadas (Rodrigues, 2003).

Dada a diversidade de elementos de fixação, foi considerada apenas a fixação com ocultação dos elementos, em perfis de aço galvanizados a quente.

A constituição do revestimento do exterior para o interior é: revestimento, perfis de aço, parafusos e por fim, o suporte. O revestimento é aparafusado ao perfil de aço e este, é aparafusado à parede de suporte.

A Figura 11, ilustra o sistema de fixação considerado neste estudo.

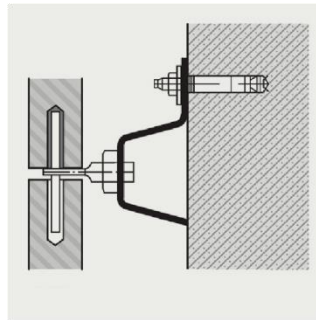


Figura 11 – Fixação pontual oculta dos revestimentos não aderentes (Sampedras, 2012).

4.3.2.1 Revestimento em Placas de Madeira

Os revestimentos em madeira têm sido cada vez mais uma escolha para o revestimento de fachadas em habitações modernas, uma vez que proporciona um design contemporâneo e inovador, permitindo criar um ambiente de proximidade com a natureza, mais acolhedor, não deixando de responder às necessidades funcionais, indo ao encontro da sustentabilidade (Banema, 2020).

Existem diferentes árvores, das quais é feito o aproveitamento de madeira, passando pelo processo de fabrico e por fim, envernizados ou pintados de forma a conferir um acabamento melhor (ou por vezes, sem nenhum destes de forma a parecer o mais natural possível).

As Figuras 12 e 13, demonstram apenas dois exemplos de aplicação de madeiras em fachadas, havendo muitas outras dimensões e formatos, como variados estilos e designs.

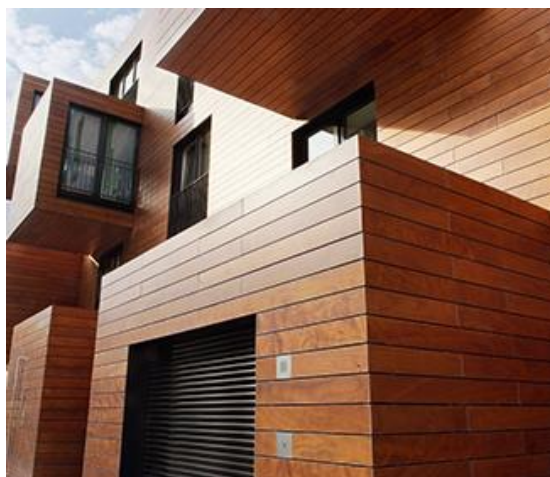


Figura 12 – Revestimento em Placas de Madeira (Pugliesi, 2021).

Estes revestimentos tornam-se bastante versáteis, no sentido em que podem ser combinados com outros materiais de revestimento, como por exemplo, metal, vidro, reboco pintado, entre outros.



Figura 13 – Combinação de Revestimento de Fachada em Madeira com Vidro (Hufft, 2021).

As Placas de Madeira analisadas foram três, com aplicabilidade no exterior.

As Placas de Madeira 1, são placas de Abeto Nórdico, com uma densidade compreendida entre 500 kg/m³ a 550 kg/m³, com alta resistência mecânica e durabilidade (Epd [et al.], 2018a).

As Placas de Madeira 2, são placas com 100% de pinheiro-silvestre, com uma densidade aproximadamente igual a 445 kg/m³, com elevada durabilidade, recicladas no seu fim de vida, servindo de matérias-primas para novas placas (Epd [et al.], 2020c).

As Placas de Madeira 3, são placas de pinho, com uma densidade média igual a 455 kg/m³, com tratamento de superfície (Epd [et al.], 2020b).

4.3.2.2 Revestimento em placas de Pedra

Os revestimentos de pedra são usados desde há milhares de anos, representando solidez e resistência, garantindo um ambiente mais rústico. Na maioria das habitações, eram usadas alvenarias de pedra naturais, devido à boa inércia térmica, proteção das habitações contra o ruído exterior e, devido à pouca acessibilidade e inovação de outros materiais, apesar dos custos serem elevados (Decorfácil, 2021).

As pedras naturais podem dividir-se em três grupos: as rochas ígneas, as rochas sedimentares e as rochas metamórficas. As pedras naturais mais utilizadas em Portugal são os granitos, os mármore e os calcários. Estas podem ser usadas em blocos ou em peças mais delgadas, como as placas (estas em fachadas ventiladas). As pedras de granito e as pedras de mármore são em geral, pedras pouco porosas e com resistência mecânica elevada, ao contrário das pedras de calcário (Mendes [et al.], 2016).

Com o passar dos anos, a construção teve algumas evoluções na criação de novos materiais, assim como no aperfeiçoamento de fabrico dos existentes, sendo que, as placas de pedra são, atualmente, mais usadas em casas nobres conferindo uma arquitetura mais cuidada e, maioritariamente, em fachadas ventiladas.

No entanto, a segurança no uso por vezes é comprometida no momento da fixação – criação de fissuras que inviabilizam a fixação, por exemplo – ou até mesmo por anomalias já existentes na própria placa pelos defeitos naturais (Veiga [et al.], 2009).

O custo de aplicação de placas de pedra em fachada é mais elevado comparativamente com outros revestimentos e daí, existem cada vez mais materiais com a mesma estética que substituem as mesmas.

Estes revestimentos são constituídos pelas placas de pedra e pelo sistema de fixação à parede de suporte. Uma vez que as anomalias de placas de pedra com sistema de colagem ao suporte são mais frequentes e colocam a segurança das pessoas em causa (devido ao descolamento ou quebras das placas), são recomendados os sistemas de fixação mecânico com existência de uma caixa-de-ar entre as placas de pedra e a parede de suporte (Veiga [et al.], 2009).

A Figura 14, apresenta um revestimento com Placas de Pedra.

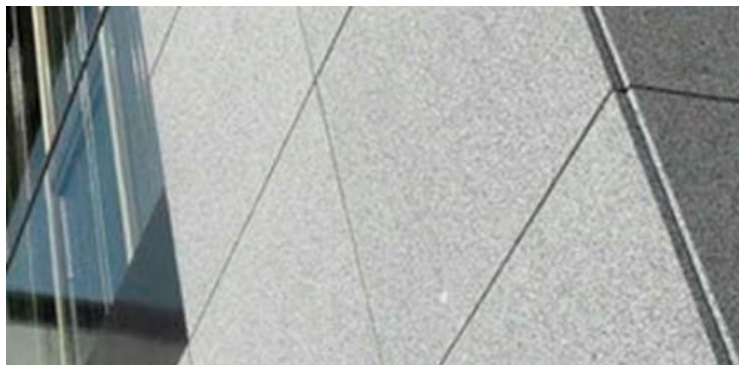


Figura 14 – Revestimento não aderente com Placas de Pedra Natural (Alproser, 2019).

As Placas de Pedra analisadas foram três, com diferentes origens e com aplicabilidade no exterior. A Pedra 1 é uma pedra artificial, contrariamente às Pedras 2 e 3, que são pedras naturais.

As Placas de Pedra 1, são placas produzidas a partir da pedra natural basalto, de origem vulcânica. O basalto é derretido, formando-se um fio de fibras, que são posteriormente prensadas e enformadas nas dimensões pretendidas. Estas placas de pedra são constituídas por 90% a 92% de basalto e 7% a 9% de revestimento de alta durabilidade. Estas placas têm uma densidade de aproximadamente igual a $1250 \pm 100 \text{ kg/m}^3$. No seu fim de vida, as placas podem ser recicladas, uma vez que não contém nenhum material perigoso (Bre [et al.], 2016).

As Placas de Pedra 2, são placas de pedra sedimentar, 100% natural, com uma densidade compreendida entre 1700 kg/m^3 a 2900 kg/m^3 . É feita a extração da pedra em blocos que, posteriormente, são serrados a húmido, com serras apropriadas às dimensões dos blocos. A serração é feita em diferentes fases, até se obter as dimensões das placas pretendidas. Posteriormente as placas são calibradas e polidas, em função das exigências do cliente. A informação retirada da Declaração Ambiental de Produto da Pedra 2, consiste na média entre os três tipos de rocha (ígneia, sedimentar e metamórfica), tendo sido ponderados os seus volumes de produção (Ibu [et al.], 2014).

As Placa de Pedra 3, são placas de granito 100% natural, com uma densidade aproximadamente igual a 2700 kg/m^3 . À semelhança das Placas de Pedra 2, as Placas de Pedra 3 passam pelo mesmo processo de fabrico. No seu fim de vida, considera-se que 50% do material é reaproveitado (Rts [et al.], 2020).

4.3.2.3 Revestimento em Painéis Compósitos de alumínio

Os Painéis Compósitos de Alumínio são caracterizados pela sua leveza, maleabilidade (facilidade em curvar, fazer contornos, entre outros), com resistência à corrosão. São constituídos do interior para o

exterior por: folha de alumínio, adesivo, núcleo isolante (lã mineral ou polietileno), adesivo e por fim, uma folha de alumínio lacada.

A Figura 15, ilustra as diferentes camadas, do Painel Compósito de Alumínio.

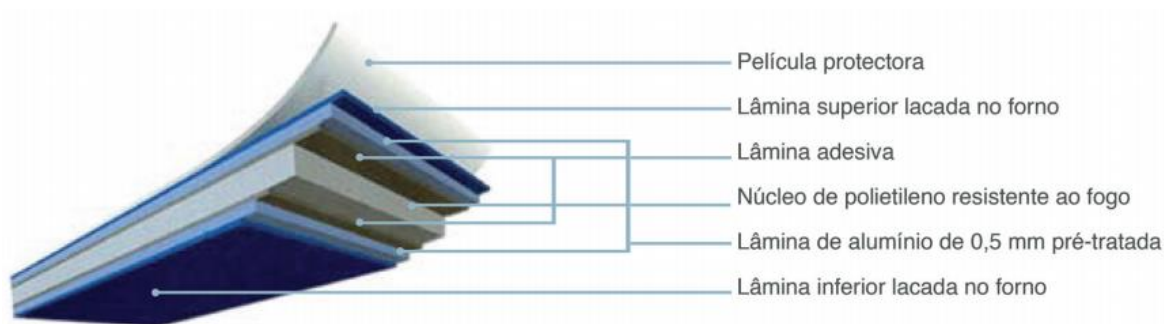


Figura 15 – Constituição dos Painéis Compósitos de Alumínio.

A lacagem da folha de alumínio pode depender das cores disponíveis em cada empresa, no entanto, as standards podem ser as indicadas na Figura 16.



Figura 16 – Fachada revestida com Painéis Compósitos de Alumínio, com exemplificação de várias cores possíveis (Indiamart, 2021).

Os Painéis Compósitos de Alumínio considerados neste estudo foram quatro, com locais de produção diferentes, podendo estar associados processos de fabrico sensivelmente distintos.

Os Painéis Compósitos de Alumínio 1, são painéis com um peso aproximadamente igual a $5,56 \text{ kg/m}^2$, com o núcleo isolante em polietileno, com características que suportam temperaturas entre os 50°C negativos e os 80°C positivos (Epd [et al.], 2017b).

Os Painéis Compósitos de Alumínio 2, são painéis com um peso aproximadamente igual a $7,78 \text{ kg/m}^2$, com o núcleo isolante em polietileno ou lã mineral, com características que suportam temperaturas entre os 50°C negativos e os 80°C positivos (Epd [et al.], 2017a).

Os Painéis Compósitos de Alumínio 3, são painéis com um peso compreendido entre $7,8 \text{ kg/m}^2$ a $8,3 \text{ kg/m}^2$, com o núcleo isolante em polietileno, que suporta as mesmas temperaturas dos restantes painéis (Epd [et al.], 2018b).

Os Painéis Compósitos de Alumínio 4, são painéis com um peso aproximadamente igual a $7,04 \text{ kg/m}^2$, com o núcleo isolante em polietileno (Epd [et al.], 2017b).

Estes revestimentos não são muito comuns em revestimentos de fachadas habitacionais, no entanto, a pouca procura não inviabiliza o seu adequado funcionamento.

4.3.2.4 Revestimento em Painel Sandwich

Os revestimentos de fachada em painel sandwich são compostos por duas faces em chapa perfiladas (ou chapa lisa) e isolamento térmico entre elas – espuma rígida de poliuretano (PUR) ou polisocianurato (PIR). A chapa interior é tratada contra a corrosão (metalizada ou galvanizada) e a chapa exterior é lacada com a cor final pretendida e disponível mediante a gama de cada fornecedor, sendo possível o enquadramento destes revestimentos com o meio envolvente. O isolamento mais usado, sendo a elevada resistência ao fogo um dos motivos, é o isolamento em lã de rocha (Painel, 2018).

A Figura 17, mostra um exemplo de um revestimento de fachada em painel sandwich.

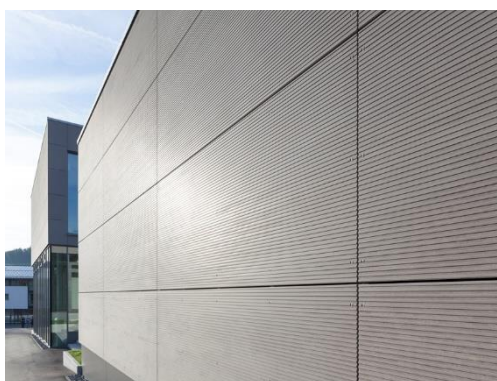


Figura 17 – Fachada Revestida com Painéis Sandwich (Bifire, 2021).

Na Figura 18, são perceptíveis as camadas constituintes do painel sandwich, ou seja, camada exterior e interior em folha metálica e isolamento térmico de permeio.

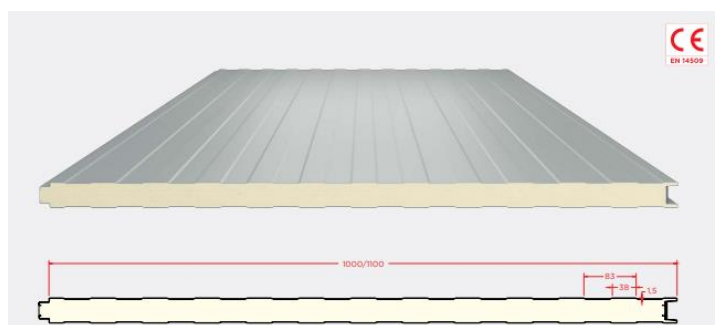


Figura 18 – Constituição do Painel Sandwich: Duas folhas metálicas e isolamento no meio destas (Painel, 2018).

Os painéis sandwich são ligados entre si através de parafusos (que não foram considerados na presente dissertação), e estes são fixados mecanicamente conforme foi explicado anteriormente, à parede de suporte. A Figura 19, ilustra as fixações anteriormente referidas.

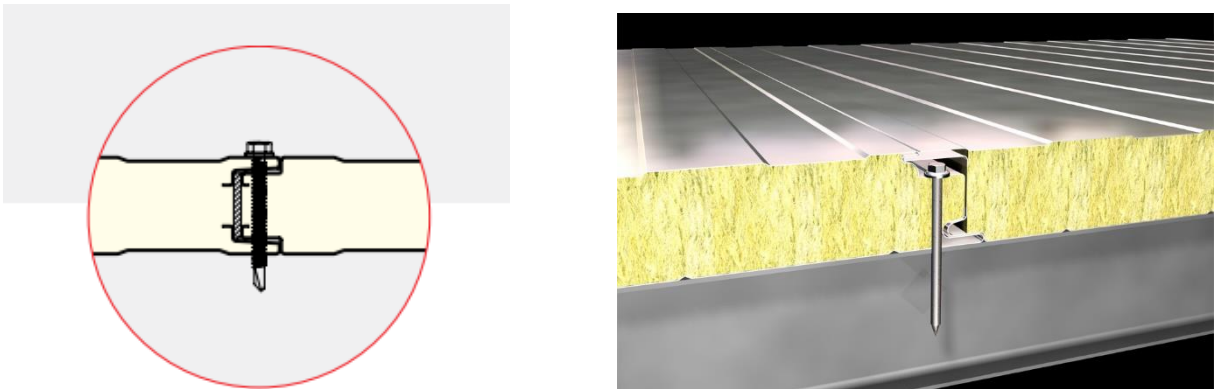


Figura 19 – Fixação dos Painéis Sandwich (Painel, 2018) (Ach, 2021).

Os Painéis Sandwich considerados foram três, com diferentes origens.

Os Painéis Sandwich 1, são painéis que pesam aproximadamente $13,3 \text{ kg/m}^2$, constituídos por 68% de aço e 32% de isolamento térmico, referentes a uma espessura de 100mm (Ibu [et al.], 2018b).

Os Painéis Sandwich 2, são painéis com peso aproximadamente igual a $13,66 \text{ kg/m}^2$. No fim de vida, as chapas são separadas do isolamento térmico e todos os elementos são reciclados (Epd [et al.], 2019b).

Os Painéis Sandwich 3, são painéis com densidade aproximadamente igual a 40 kg/m^3 . No fim de vida, as chapas são separadas do isolamento térmico e todos os elementos são reciclados (Ibu [et al.], 2018a).

Apesar de o recurso a este revestimento de fachada não ser frequente, devido à estética por exemplo, não deixa de representar muitas vantagens como a durabilidade, de aproximadamente 50 anos.

5

INDICADORES

5.1 ENQUADRAMENTO

A Sustentabilidade está relacionada com o nosso património, como por exemplo, com a modernização das habitações construídas que se encontram em condições entre pouco a muito degradadas (estando a segurança, a saúde das pessoas, o ambiente e a economia afetadas), a beneficiação da eficiência energética dos edifícios, a criação de novos espaços verdes e zonas destinadas ao lazer (estes aspetos são muito importantes, em prol do sentido de comunidade e interação social dos habitantes, da sua saúde, quer mental, quer física).

Quando saímos de casa, se tomarmos atenção ao que nos rodeia, apercebemo-nos de que existe um ambiente construído muito sobrecarregado, com alguma desorganização e muitas zonas em mau estado. As políticas devem ser repensadas, os mecanismos de atuação devem ser atualizados em função da realidade atual, assim como devem ser melhorados os aspetos que contribuem negativamente para o ambiente, para a sociedade e para a economia (Ibu [et al.], 2018a).

5.2 METODOLOGIA MARS – SC

A Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Soluções Construtivas (MARS-SC), ajuda a clarificar os motivos e razões pelos quais é necessário recorrer soluções mais sustentáveis, oferecendo apoio nas decisões, baseado na realidade local e na sustentabilidade, tendo como base, a família de normas ISO 14000, relativas ao desenvolvimento sustentável (Ibu [et al.], 2018a) (Bragança [et al.], 2017).

Estes fatores são muito importantes para, no momento de decisão, serem escolhidos revestimentos mais sustentáveis, que é o caso do presente estudo (Ibu [et al.], 2018a).

Assim, esta Metodologia permite a escolha de soluções construtivas que vão ao encontro de materiais mais sustentáveis, com melhor desempenho e menor consumo de energia, a menor custo.

5.2.1 SELEÇÃO DE INDICADORES

Para se realizar o estudo sobre Sustentabilidade de Soluções de Revestimentos de Fachada, durante o Ciclo de Vida restrito (desde a extração da matéria-prima até ao portão da fábrica), é necessário a seleção de indicadores ambientais, funcionais e económicos, sendo esta seleção a primeira fase da aplicação do método (Bragança [et al.], 2017).

5.2.1.1 Indicadores Ambientais

Como já foi referido anteriormente, existe ainda pouca informação sobre os impactos ambientais associados ao ciclo de vida de um material e, por esse motivo, uma vez mais se restringiu este estudo e, foram apenas considerados três indicadores ambientais:

1º - Potencial de Aquecimento Global (PAG);

2º - Uso total de recursos de energia primária não renováveis (ENR);

3º - % de uso total de energia renovável – Este indicador resulta da divisão entre o uso total de recursos de energias primárias renováveis e a soma do uso total de recursos de energias primárias renováveis e não renováveis.

Estes indicadores são usados em todos os revestimentos, com os respetivos valores associados.

Em suma, segue a Tabela 4, referente aos Indicadores Ambientais.

Tabela 4 – Unidades e Indicadores Ambientais propostos.

Indicadores Ambientais	PAG	ENR	%ER
Unidades	Kg CO ₂ Eq / m ²	MJ / m ²	%

5.2.1.2 Indicadores Funcionais

Os indicadores funcionais pretendem caracterizar o desempenho das alternativas estudadas, do ponto de vista funcional, tendo em conta as propriedades a que foi possível ter acesso em toda a informação recolhida.

Tabela 5 – Indicadores Funcionais propostos.

Solução Construtiva	Indicadores Funcionais					
	D	CR	AA	TS	LE	RT
Revestimentos Aderentes						
Placas de Grés Porcelânico	X	X	X			
Placas Cerâmicas	X	X	X			
Pintura sobre reboco	X		X	X		
Revestimentos Não Aderentes						
Placas de Madeira	X		X			
Placas de Pedra	X	X	X			
Painéis Compósitos de Alumínio	X				X	X
Painéis Sandwich	X					

D = Durabilidade (anos); CR = Carga de Rutura (N); RF = Resistência à Flexão das Pedras (MPa); AA = Absorção de Água (%); TS = Tempo de secagem (minutos); LE = Limite de Elasticidade (N/mm²); RT = Resistência à Tração (N/mm²).

5.2.1.3 Indicadores Económicos

Os indicadores económicos, são comuns a todas as soluções, com os respetivos valores associados.

Tabela 6 – Unidades e Indicadores Económicos propostos.

Indicadores Económicos	Custo de Compra	Custo de Instalação	Custo de Manutenção
Unidades	€ / m ²	€ / m ²	€ / m ²

5.3 NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES

Esta normalização é feita para todos os indicadores de cada solução de revestimento, ou seja, para os indicadores ambientais, funcionais e económicos de cada solução.

A etapa destinada à Normalização é feita através da Equação (1) (Bragança [et al.], 2017).

$$\bar{I}_i = \frac{I_i - I_{*i}}{I_i^* - I_{*i}} \quad (1)$$

Sendo:

I_i – Valor do Indicador i da solução para a qual se está a calcular o indicador normalizado;

I_{*i} – Valor do Indicador i da pior solução;

I_i^* – Valor do Indicador i da melhor solução.

A Normalização terá como resultados valores compreendidos entre 0 e 1. A melhor solução terá associado o valor de 1 e, à medida que o valor diminui, a solução vai tornando-se cada vez pior, até chegar ao valor igual a 0 (pior solução) (Bragança [et al.], 2017).

5.4 PONDERAÇÃO E NÍVEL DE SUSTENTABILIDADE

Após conclusão da etapa relativa à Normalização, é feita uma Ponderação dos indicadores selecionados. A cada conjunto de indicadores ambientais, funcionais e económicos, é distribuído o valor de 1 de acordo com a maior ou menor importância a atribuir a cada (Bragança [et al.], 2017).

A agregação, é feita pelo cálculo do Nível de Sustentabilidade (NS) de cada solução, ou seja, pela Equação (2).

$$NS_i = \sum_{j=1}^n P_j \times \bar{I}_j \quad (2)$$

Sendo:

NS_i – Nível de Sustentabilidade;

n – Número de Indicadores em análise;

P_j – Ponderação atribuída a cada indicador j ;

\bar{I}_j - Valor Normalizado de cada indicador j .

5.5 SOLUÇÃO DE REFERÊNCIA

Após determinação do Nível de Sustentabilidade de cada solução adota-se, opcionalmente, uma solução como referência, de forma a fazer-se uma comparação de soluções mais correntes.

6

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 ENQUADRAMENTO

O capítulo presente destina-se à apresentação e discussão dos resultados obtidos, baseados nas Declarações Ambientais de Produto, nas Fichas Técnicas de Produto e na Metodologia de MARS-SC.

Tabela 7 – Legenda Geral dos Indicadores propostos.

Legenda Geral			
PAG	Potencial de Aquecimento Global	AA	Absorção de Água
ENR	Uso total de Energia Não Renovável	CC	Custo de Compra
% ER	% de uso total de Energia Renovável	CI	Custo de Instalação
D	Durabilidade	CM	Custo de Manutenção
RF	Resistência à Flexão	TS	Tempo de Secagem
LE	Limite de Elasticidade	RT	Resistência à Tração
CR	Carga de Rutura		

Na Tabela 8, são apresentadas as justificações para a melhor e pior solução dos indicadores propostos.

Tabela 8 – Justificação da melhor e pior solução, dos Indicadores propostos.

Indicadores Propostos	Justificação do Nível de Desempenho
Potencial de Aquecimento Global (PAG)	O indicador Potencial de Aquecimento Global é melhor, quanto menor for o seu valor, ou seja, quanto menor forem as emissões de CO ₂ para a atmosfera.
Uso total de Energia Não Renovável (ENR)	O indicador Uso total de Energia Não Renovável é melhor, quanto menor for o seu valor.

% Energia Renovável (% ER)	O indicador % de uso total de Energia Renovável é melhor, quanto maior for o seu valor. Significa que, estamos a recorrer a maior uso de energias renováveis, comparativamente com as energias não renováveis.
Durabilidade (D)	O indicador Durabilidade é melhor, quanto maior for o seu valor. Significa que o revestimento dura mais anos, em condições aceitáveis.
Absorção de Água (AA)	O indicador Absorção de Água é melhor, quanto menor o seu valor. Os materiais que absorvem menos água, terão melhores desempenhos e melhor nível estético durante o ciclo de vida. A absorção de água provoca o aparecimento de manchas, fungos, entre outros, influenciando o seu desempenho e a sua aparência. Este facto ocorre principalmente em fachadas voltas à orientação Norte, onde não existe radiação solar direta de forma a secar a fachada.
Carga de Rutura (CR)	O indicador Carga de Rutura é melhor, quanto maior for o seu valor. Ou seja, quanto maior for a carga de rutura, menos sujeito estará o revestimento a partir.
Custo de Compra (CC)	O indicador Custo de Compra é melhor, quanto menor for o seu valor. Ou seja, quanto menos dinheiro se gastar na compra do material, mais vantajoso se torna para o cliente.
Custo de Instalação (CI)	O indicador Custo de Instalação é melhor, quanto menor for o seu valor. O mesmo raciocínio dado ao indicador anterior.
Custo de Manutenção (CM)	O indicador Custo de Manutenção é melhor, quanto menor for o seu valor. Igualmente para este indicador, quanto menos dinheiro o cliente gastar, melhor.

No que diz respeito aos Revestimentos Aderentes, foram considerados Revestimentos em Placas de Grés Porcelânico, Revestimentos em Placas Cerâmicas e Revestimentos de Pintura sobre reboco.

6.2 REVESTIMENTOS ADERENTES

6.2.1 PLACAS DE GRÉS PORCELÂNICO

Os resultados que se seguem, são referentes à análise dos Revestimentos em Placas de Grés Porcelânico.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, o uso total de Energias Não Renováveis e a % de uso total de Energias Renováveis. Os Indicadores Funcionais

considerados foram: a Carga de Rutura, a Durabilidade e a Absorção de Água. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

A Tabela 9, é referente às Placas de Grés Porcelânico, onde estão incluídos os valores referentes aos Indicadores Ambientais, aos Indicadores Funcionais e aos Indicadores Económicos.

Tabela 9 – Indicadores propostos, para as Placas de Grés Porcelânico.

Solução Construtiva		Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
		PAG	ENR	% ER	CR	D	AA	CC	CI	CM
		kg CO ₂ Eq/m ²	MJ/m ²	%	N	Anos	%	€/ m ²	€/ m ²	€/ m ²
Placas de Grés Porcelânico	1	11,19	186,49	0,04	800,00	50	0,50	17,98	34,81	18,24
	2	14,75	241,49	0,12	200,00	50	0,50	18,03	34,88	16,37
	3	12,25	197,49	0,20	1300,00	60	0,05	18,01	34,86	15,82
	4	11,85	189,49	0,22	500,00	60	0,50	15,87	34,76	19,15

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 10 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos para as Placas de Grés Porcelânico.

Pior solução	14,75	241,49	0,04	200,00	50	0,50	18,03	34,88	19,15
Melhor Solução	11,19	186,49	0,22	1300,00	60	0,05	15,87	34,76	15,82

Através da análise das Tabelas 9 e 10, podemos perceber que as Placas de Grés Porcelânico 2, são as placas que apresenta um maior número de indicadores como a pior solução, ou seja, são a pior solução a nível de potencial de aquecimento global, utilização total de energias não renováveis, carga de rutura, custos de compra e custos de instalação. Relativamente aos indicadores durabilidade e absorção de água, nada se pode concluir, uma vez que as Placas de Grés Porcelânico 1, também têm os mesmos valores.

As Placas de Grés Porcelânico 1, são as placas que menos contribuem para o potencial de aquecimento global e as que menos usam energias não renováveis. No entanto, são as placas que menos recorrem a energias renováveis, em termos percentuais.

As Placas de Grés Porcelânico 3, são as placas que têm maior carga de rutura e menor % de absorção de água. Sendo a pior solução ao nível de custo de compra e de instalação.

Ficando a restar as Placas de Grés Porcelânico 4, com melhor solução ao nível de % de uso total de energias renováveis e custo de compra.

A Ponderação foi feita conforme o quadro que se segue. Do conjunto de Indicadores Ambientais, o potencial de aquecimento global tem maior importância, tendo os restantes o mesmo valor. Do conjunto de Indicadores Funcionais, a durabilidade e a absorção de água têm maior importância comparativamente com a carga de rutura. Isto porque, quanto mais durável for a placa, maior será o período de uso e não haverá necessidade de recorrer à substituição a médio prazo e, a absorção de água, está em causa muitos dias ao longo do ano, o que levará à existência de maiores cuidados para que esta

não coloque em causa os restantes elementos nem o mau estado estético das fachadas pelas manchas e fungos. A carga de rutura, à priori, estará controlada e, uma vez que as placas terão dimensões médias e encontrar-se-ão separadas pelas juntas, a probabilidade de partirem será pequena. Por último, do conjunto dos Indicadores Económicos, o custo de compra é o que tem maior importância (o investimento será maior comparado com os restantes), seguindo-se o custo de manutenção e o custo de instalação.

Tabela 11 – Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas de Grés Porcelânico.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	CR	D	AA	CC	CI	CM
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35

Na Tabela 12, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 12 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para as Placas de Grés Porcelânico.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	CR	D	AA	CC	CI	CM	
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35	
Placas de Grés Porcelânico	1	1,00	1,00	0,00	0,55	0,00	0,00	0,02	0,58	0,27
	2	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83
	3	0,70	0,80	0,86	1,00	1,00	1,00	0,01	0,17	1,00
	4	0,81	0,95	1,00	0,27	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00

Os valores da Normalização estão compreendidos entre 0 e 1. Significa isto que, se o valor normalizado do indicador for igual a 0, é considerado como a pior solução. Contrariamente, se o valor normalizado do indicador for igual a 1, é considerado como a melhor solução. Os valores compreendidos entre 0 e 1, à medida que se aproximam de 0, vão sendo cada vez piores.

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Placas de Grés Porcelânico	1	0,75	0,14	0,19	0,45	Referência
	2	0,10	0,00	0,29	0,11	Inferior
	3	0,77	1,00	0,38	0,76	Superior
	4	0,89	0,44	0,65	0,71	Superior

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para as Placas de Grés Porcelânico, a solução de referência são as Placas de Grés Porcelânico 1.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, as Placas de Grés Porcelânico 2 encontram-se a um nível inferior da solução de referência devido ao valor do Nível de Sustentabilidade e, as Placas de Grés Porcelânico 3 e 4 encontram-se a um nível superior da solução de referência, pelo mesmo motivo da anterior.

Em conclusão e pela análise da Tabela 13, as Placas de Grés Porcelânico são as placas com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, as mais sustentáveis tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Nos gráficos das Figuras que se seguem, estão representados os valores dos indicadores normalizados e os valores dos indicadores normalizados da solução de referência. As áreas preenchidas dizem respeito à solução construtiva mencionada no título do gráfico em causa e, as linhas, à solução de referência.

Na Figura 20, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as quatro soluções.

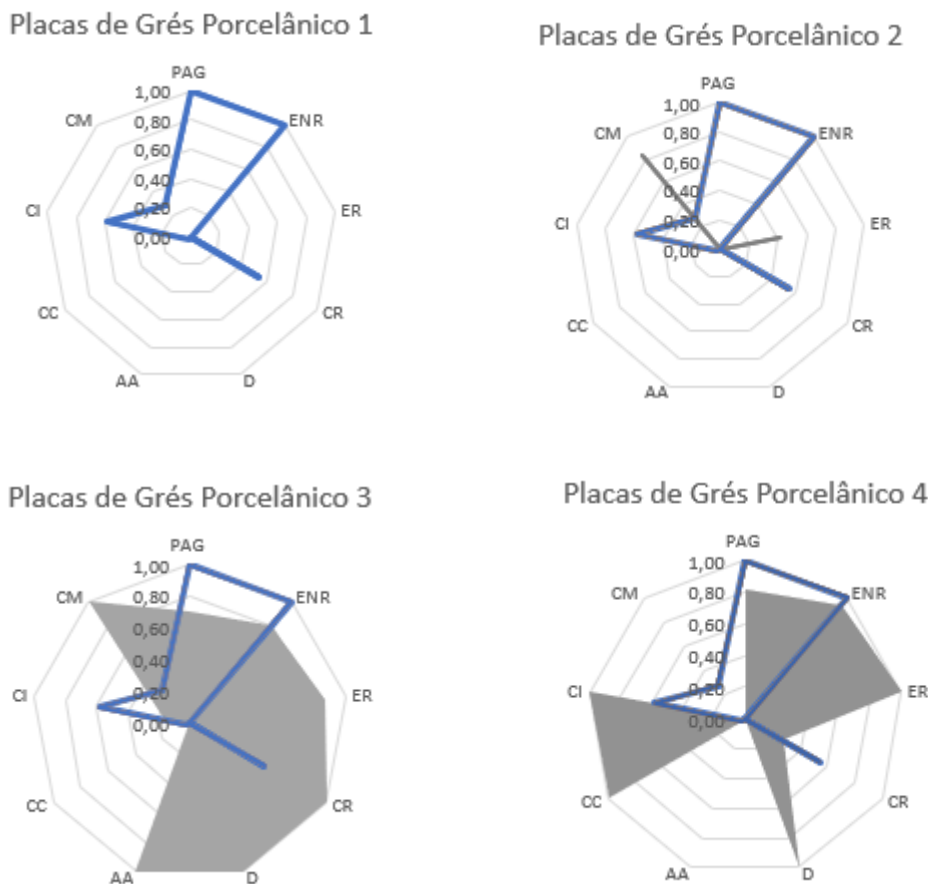


Figura 20 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Placas de Grés Porcelânico.

Pela análise da Figura 20, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a azul referentes às Placas de Grés Porcelânico 1.

O gráfico das Placas de Grés Porcelânico 3, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima dos indicadores normalizados de referência.

Por ordem decrescente, da melhor para a pior solução, temos as Placas de Grés Porcelânico 4 e por último, as Placas de Grés Porcelânico 2.

6.2.2 PLACAS CERÂMICAS

A análise que se segue é referente às Placas Cerâmicas. Como referido anteriormente, os Indicadores propostos para o estudo destas, são os mesmos das Placas de Grés Porcelânico.

Tabela 14 – Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.

Solução Construtiva		Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
		PAG	ENR	% ER	CR	D	AA	CC	CI	CM
		kg CO2 Eq/m2	MJ/m2	%	N	Anos	%	€/ m2	€/ m2	€/ m2
Placas Cerâmicas	1	10,55	140,49	0,31	1100,00	55	3,00	13,25	34,76	18,55
	2	16,05	240,49	0,10	1500,00	50	0,05	14,70	34,81	16,53
	3	10,10	169,49	0,19	1300,00	60	0,50	14,67	34,79	17,46
	4	18,15	294,49	0,21	1300,00	50	0,50	15,27	34,82	15,59

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 15 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos para as Placas Cerâmicas.

Pior solução	18,15	294,49	0,10	1100,00	50	3,00	15,27	34,82	18,55
Melhor Solução	10,10	140,49	0,31	1500,00	60	0,05	13,25	34,76	15,59

Pela análise das Tabelas 14 e 15, podemos constatar que as Placas Cerâmica 1, são a melhor solução para quatro indicadores: uso total de energia não renovável, % de uso total de energias renováveis, custo de compra e custo de instalação. Contrariamente, são pior solução para a carga de rutura, absorção de água e custo de manutenção.

As Placas Cerâmicas 2, são a melhor solução ao nível da carga de rutura e % de absorção de água. Contrariamente, a pior solução relativamente à % de uso total de energias renováveis.

As Placas Cerâmicas 3, são a melhor solução no que diz respeito ao potencial de aquecimento global.

A Placa Cerâmicas 4, é a pior solução relativamente ao potencial de aquecimento global, ao uso total de energias não renováveis, ao custo de compra e de instalação. Quanto à durabilidade, nada se pode concluir uma vez que tem o mesmo valor que o Cerâmico 2.

A Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas Cerâmicas, efetuou-se exatamente igual à Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas de Grés Porcelânico. Sendo esta, apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 – Ponderação dos Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	CR	D	AA	CC	CI	CM
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35

Na Tabela 17, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 17 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para as Placas Cerâmicas.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	CR	D	AA	CC	CI	CM	
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35	
Placas Cerâmicas	1	0,94	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00	0,00
	2	0,26	0,35	0,00	1,00	0,00	1,00	0,28	0,17	0,68
	3	1,00	0,81	0,44	0,50	1,00	0,85	0,30	0,50	0,37
	4	0,00	0,00	0,53	0,50	0,00	0,85	0,00	0,00	1,00

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme representado na Tabela 18.

Tabela 18 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva		Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação
		Ambiental	Funcional	Económico		
		0,5	0,3	0,2		
Placas Cerâmicas	1	0,97	0,19	0,65	0,67	Referência
	2	0,22	0,63	0,40	0,38	Inferior
	3	0,81	0,82	0,35	0,72	Superior
	4	0,13	0,44	0,35	0,27	Inferior

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para as Placas Cerâmicas, a solução de referência são as Placas Cerâmicas 1.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, as Placas Cerâmicas 2 e 4 encontram-se a um nível inferior da solução de referência e as Placas Cerâmicas

3 encontram-se a um nível superior da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Em conclusão e pela análise da Tabela 18, as Placas Cerâmicas 3, são as placas com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, as mais sustentáveis tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Na Figura 21, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as quatro soluções.

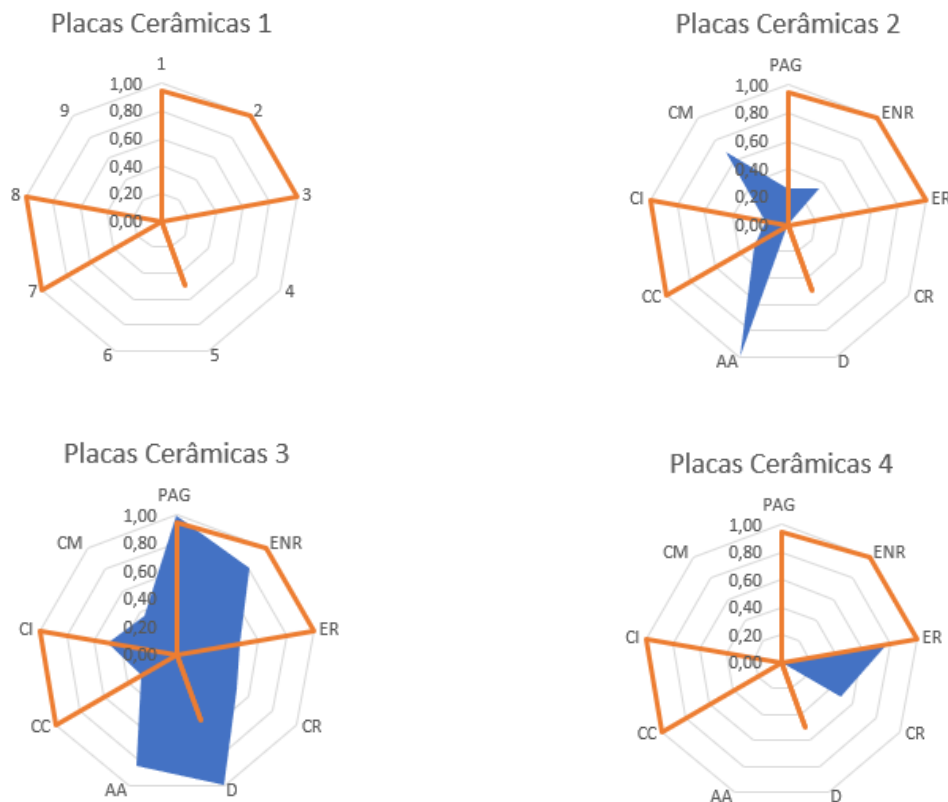


Figura 21 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Placas Cerâmicas.

Pela análise da Figura 21, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a laranja referentes às Placas Cerâmicas 1.

O gráfico das Placas Cerâmicas 3, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores normalizados destas estão, ou acima ou próximos, dos indicadores normalizados de referência.

Por ordem decrescente, da melhor para a pior solução, temos as Placas Cerâmicas 4 e por último, as Placas Cerâmicas 2.

6.2.3 PINTURA SOBRE REBOCO

A análise que se segue é referente à Pintura sobre superfície exterior rebocada.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, a utilização total de Energias Não Renováveis e a % de uso total de Energias Renováveis. Os Indicadores Funcionais

considerados foram: o Tempo de Secagem, a Durabilidade e a Absorção de Água. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

Tabela 19 – Justificação da Melhor e Pior solução, das Pinturas sobre reboco (Consultar também a Tabela 8)

Indicadores Propostos	Justificação do Nível de Desempenho
Tempo de Secagem	O Tempo de Secagem é melhor, quanto mais rápido a tinta secar, ou seja, quanto menor for o valor associado.

A Tabela 20, é referente à Pintura sobre reboco, onde estão incluídos os valores dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

Tabela 20 – Indicadores propostos, para a Pinturas sobre reboco.

Solução Construtiva		Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
		PAG	ENR	ER	AA	D	TS	CC	CI	CM
		kg CO2 Eq/m2	MJ / m2	%	%	Anos	min	€/ m2	€/ m2	€/ m2
Pintura	1	0,09	1,30	0,11	0,05	10	30,00	4,25	6,52	19,45
	2	0,24	3,38	0,20	0,07	15	30,00	4,13	6,79	18,62
	3	1,74	1,75	1,00	0,08	20	60,00	1,54	5,44	11,39
	4	1,28	0,80	1,00	0,10	20	120,00	4,12	6,07	16,62

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 21 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.

Pior solução	1,74	3,38	0,11	0,05	10	120,00	4,25	6,79	19,45
Melhor Solução	0,09	0,80	1,00	0,10	20	30,00	1,54	5,44	11,39

A Pintura 1 é a melhor solução relativamente a potencial de aquecimento global e tempo de secagem. Contrariamente, é a pior solução no que diz respeito à % de uso total de energias renováveis, absorção de água, durabilidade e custo de compra e de manutenção.

A Pintura 2 é a melhor solução relativamente ao tempo de secagem. Por outro lado, é a pior solução em relação ao uso total de energias não renováveis, ao custo de instalação.

A Pintura 3 é a melhor solução em relação à % de uso total de energias renováveis, à durabilidade, ao custo de compra, de instalação e de manutenção. Por outro lado, é a pior solução relativamente ao potencial de aquecimento global.

A Pintura 4 é a melhor solução em relação ao uso total de energias não renováveis, à % de uso total de energias renováveis, à absorção de água e à durabilidade. Contrariamente, é a pior solução para o tempo de secagem.

A Ponderação dos Indicadores Ambientais e Económicos, foi feita da mesma forma dos revestimentos anteriores. Para o conjunto de Indicadores Funcionais, foi dada maior e igual ponderação à durabilidade e ao tempo de secagem e menor ponderação à absorção de água. A durabilidade é um indicador muito importante, no sentido de diminuir as operações de substituição do produto, que afetará o ambiente e a economia do cliente. Uma vez que, durante a aplicação, as condições, quer ambientais quer ao nível da superfície, têm de ser todas garantidas para um melhor acabamento da pintura, o tempo de secagem é condicionante deste acabamento. Quanto mais tempo demorar a secar, maior probabilidade haverá de se sujar a pintura com poeira, por exemplo, ou ser danificada pelo toque.

Tabela 22 – Ponderação dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	AA	D	TS	CC	CI	CM
Ponderação	0,50	0,25	0,25	0,25	0,38	0,38	0,50	0,15	0,35

Na Tabela 23, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 23 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para a Pintura sobre reboco.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	AA	D	TS	CC	CI	CM	
Ponderação	0,50	0,25	0,25	0,25	0,38	0,38	0,50	0,15	0,35	
Pintura	1	1,00	0,81	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,20	0,00
	2	0,91	0,00	0,10	0,36	0,50	1,00	0,04	0,00	0,10
	3	0,00	0,63	1,00	0,60	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00
	4	0,28	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,05	0,53	0,35

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme apresentado na Tabela 24.

Tabela 24 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Pintura	1	0,70	0,00	0,03	0,36	Infeior
	2	0,48	0,38	0,03	0,36	Inferior
	3	0,41	0,78	1,00	0,64	Superior
	4	0,64	0,63	0,23	0,55	Referência

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para a Pintura sobre reboco, a solução de referência é a Pintura 4.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, a Pintura 1 e a 2 encontram-se a um nível inferior da solução de referência e, a Pintura 3 encontra-se a um nível superior da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Em conclusão e pela análise da Tabela 24, a Pintura 3, é a pintura com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, a mais sustentável tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Na Figura 22, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as quatro soluções.

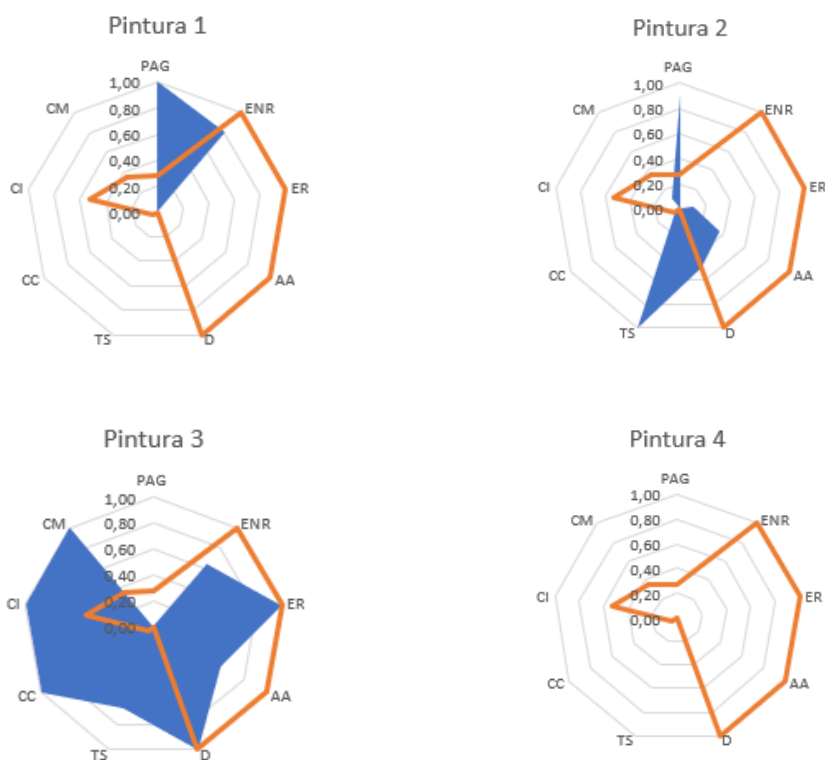


Figura 22 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Pintura.

Pela análise da Figura 22, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a laranja referentes à Pintura 4.

O gráfico da Pintura 3, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima dos indicadores normalizados de referência.

Por ordem decrescente, da melhor para a pior solução, temos a Pintura 2 e 1.

No que diz respeito aos Revestimentos Não Aderentes, foram considerados Placas de Madeira, Placas de Pedra, Painéis Compósitos de Alumínio e Painéis Sandwich.

6.3 REVESTIMENTOS NÃO ADERENTES

6.3.1 PLACAS DE MADEIRA

A análise que se segue é referente às Placas de Madeira.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, uso total de Energias Não Renováveis e a % de uso total de Energias Renováveis. Os Indicadores Funcionais considerados foram: a Durabilidade e a Absorção de Água. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

Para o estudo das Placas de Madeira, no que diz respeito aos Indicadores Funcionais, apenas foram considerados dois indicadores uma vez que, não foi possível completar a informação de mais características funcionais dos materiais em causa, compatíveis com as três soluções.

A Tabela 25, é referente às Placas de Madeira, onde estão incluídos os valores dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

Tabela 25 – Indicadores propostos, para as Placas de Madeira

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais		Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	AA	D	CC	CI	CM	
	kg CO2 Eq/m2	MJ/m2	%	%	Anos	€/m2	€/m2	€/m2	
Placas de Madeira	1	4,11	747,20	0,69	5,46	60	22,80	10,37	4,18
	2	27,53	582,72	0,37	3,90	100	23,56	10,42	4,26
	3	39,14	552,17	0,17	5,80	50	30,00	14,17	5,43

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 26 – Melhor e Pior solução, dos indicadores propostos, para as Placas de Madeira.

Pior solução	39,14	747,2	0,17	5,80	50	30	14,17	5,43
Melhor Solução	4,1082	552,17	0,69	3,90	100	22,8	10,37	4,18

Analisando as tabelas 25 e 26, é possível verificar claramente que a solução 3 é a solução que tem mais indicadores como a pior solução, sendo o caso do potencial de aquecimento global, % de uso total de energias renováveis, a absorção de água, a durabilidade, o custo de compra, o custo de instalação e o custo de manutenção. Sendo a melhor solução, apenas referente ao indicador uso total de energias não renováveis.

A solução 1 é a melhor ao nível do potencial de aquecimento global, % de uso total de energias renováveis, custo de compra, custo de instalação e manutenção. Como pior solução, relativamente ao indicador uso total de energias não renováveis.

Por fim, a solução 2, como a melhor solução relativamente os indicadores funcionais.

A Ponderação dos Indicadores Ambientais e Económicos, foi feita da mesma forma dos revestimentos anteriores. Para o conjunto de Indicadores Funcionais, foi dada a mesma ponderação à durabilidade e à absorção de água.

Tabela 27 – Ponderação dos Indicadores propostos, para as Placas de Madeira.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais		Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	AA	D	CC	CI	CM
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,50	0,50	0,5	0,15	0,35

Feita a análise da Tabela 26 e, sem o cálculo do Nível de Sustentabilidade, poderíamos concluir que a solução 1 seria melhor solução do que a solução 2, uma vez que tem maior número de indicadores considerados como a melhor solução. Com a análise da Tabela 29, relativa ao cálculo do Nível de Sustentabilidade, será possível verificar que por vezes, a solução melhor não é a que tem mais indicadores considerados como a melhor solução, mas sim, a que tem maior valor de ponderação associado. E, uma vez que no estudo das Placas de Madeira não estamos a considerar um terceiro indicador, esta conclusão por vezes pode não ser a mais correta.

Na Tabela 28, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 28 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para as Placas de Madeira.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais		Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	AA	D	CC	CI	CM	
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,50	0,50	0,5	0,15	0,35	
Placas de Madeira	1	1,00	0,00	1,00	0,18	0,20	1,00	1,00	1,00
	2	0,33	0,84	0,39	1,00	1,00	0,89	0,99	0,94
	3	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme representado na Tabela 29.

Tabela 29 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Placas de Madeira	1	0,75	0,19	1,00	0,63	Referência
	2	0,48	1,00	0,92	0,72	Superior
	3	0,25	0,00	0,00	0,13	Inferior

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para as Placas de Madeira, a solução de referência é solução 1.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, as Placas de Madeira 2 têm um valor superior ao da solução de referência e, as Placas de Madeira 3 têm um valor inferior ao da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Como foi explicado anteriormente, a melhor solução não é a solução 1, mas sim, a solução 2. Tal facto, por causa de se ter dado maior ponderação individual aos indicadores ambientais para um menor número de indicadores propostos.

Na Figura 23, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as três soluções.

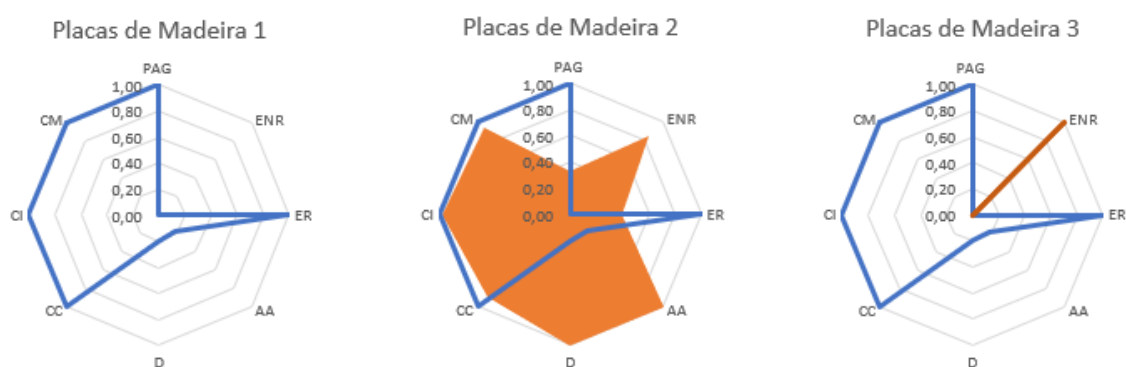


Figura 23 – Gráficos Radar para as 3 soluções de Placas de Madeira.

Pela análise da Figura 23, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a azul referentes às Placas de Madeira 1.

O gráfico das Placas de Madeira 2, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima ou próximo, dos indicadores normalizados de referência.

Por último, as Placas de Madeira 3, com apenas um indicador acima da referência.

6.3.2 PLACAS DE PEDRA

A análise que se segue é referente às Placas de Pedra.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, a utilização total de Energias Não Renováveis e a % de uso total de Energias Renováveis. Os Indicadores Funcionais considerados foram: a Resistência à Flexão, a Durabilidade e a Absorção de Água. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

Tabela 30 – Justificação da Melhor e Pior solução, das Placas de Pedra (Consultar também a Tabela 8)

Indicadores Propostos	Justificação do Nível de Desempenho
Resistência à Flexão	A Resistência à Flexão é melhor, quanto maior o seu valor, ou seja, mais resistente for a placa.

A Tabela 31, é referente às Placas de Pedra, onde estão incluídos os valores dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

Tabela 31 – Indicadores propostos, para as Placas de Pedra.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	RF	AA	D	CC	CI	CM	
	kg CO2 Eq/m2	MJ / m2	%	Mpa	%	Anos	€/ m2	€/ m2	€/ m2	
Placas de Pedra	1	54,02	765,00	0,10	25,50	0,17	100	89,91	42,05	15,05
	2	73,23	917,02	0,09	20,00	0,10	130	64,41	47,05	15,41
	3	70,51	673,17	0,48	19,00	0,13	120	70,73	43,63	13,28

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 32 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para as Placas de Pedra.

Pior solução	73,23	917,02	0,09	19,00	0,17	100	89,91	47,05	15,41
Melhor Solução	54,02	673,17	0,48	25,50	0,10	130	64,41	42,05	13,28

A solução 1, é considerada a melhor solução ao nível do potencial de aquecimento global, da resistência à flexão e dos custos de instalação. Contrariamente, é considerada a pior solução relativamente à absorção de água, à durabilidade e ao custo de compra.

A solução 2, é considerada a melhor solução relativamente à absorção de água, durabilidade e custo de compra. Pelo contrário, pior solução relativamente ao potencial de aquecimento global, ao uso total de energias não renováveis, % de uso total de energias renováveis, ao custo de instalação e custo de manutenção.

A solução 3, é considerada a melhor solução ao nível do uso total de energias não renováveis, da % de uso total de energias renováveis e do custo de manutenção. Contrariamente, pior solução para a resistência à flexão.

A Ponderação dos Indicadores Ambientais e Económicos, foi feita da mesma forma dos revestimentos anteriores. Para o conjunto de Indicadores Funcionais, foi dada maior e igual ponderação à durabilidade e à absorção de água e menor ponderação à resistência à flexão.

Tabela 33 – Ponderação dos Indicadores propostos para as Placas de Pedra.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	RF	AA	D	CC	CI	CM
Ponderação	0,50	0,25	0,25	0,25	0,38	0,38	0,50	0,15	0,35

Na Tabela 34, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 34 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para as Placas de Pedra.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	RF	AA	D	CC	CI	CM
Ponderação	0,50	0,25	0,25	0,25	0,38	0,38	0,50	0,15	0,35
Placas de Pedra	1	1,00	0,62	0,02	1,00	0,00	0,00	1,00	0,17
	2	0,00	0,00	0,00	0,15	1,00	1,00	1,00	0,00
	3	0,14	1,00	1,00	0,00	0,57	0,67	0,75	1,00

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme representado na Tabela 35.

Tabela 35 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Placas de Pedra	1	0,66	0,25	0,21	0,45	Referência
	2	0,00	0,79	0,50	0,34	Inferior
	3	0,57	0,46	0,83	0,59	Superior

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para as Placas de Pedra, a solução de referência são as Placas de Pedra 1.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação de “superior” e “inferior” desta, ou seja, a Placa de Pedra 2 encontram-se a um nível inferior da solução de referência e, a Placa de Pedra 3 encontra-se a um nível superior da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Em conclusão e pela análise da Tabela 35, as Placas de Pedra 3, são as placas com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, as mais sustentáveis tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Na Figura 24, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as três soluções.

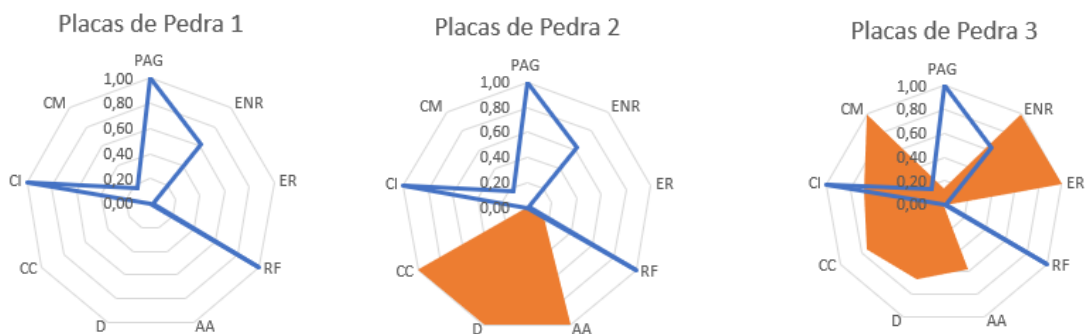


Figura 24 – Gráficos Radar para as 3 soluções de Placas de Pedra.

Pela análise da Figura 24, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a azul referentes às Placas de Pedra 1.

O gráfico das Placas de Pedra 3, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima dos indicadores normalizados de referência.

Por último, as Placas de Pedra 2, com três indicadores iguais a 1.

6.3.3 PAINÉIS COMPÓSITOS DE ALUMÍNIO

A análise que se segue é referente aos Painéis Compósitos de Alumínio.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, a utilização total de Energias Não Renováveis e a % de uso de Energias Renováveis. Os Indicadores Funcionais considerados foram: o Limite de Elasticidade, a Resistência à Tração e a Durabilidade. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

Tabela 36 – Justificação da Melhor e Pior solução, dos Painéis Compósitos de Alumínio (Consultar também a Tabela 8)

Indicadores Propostos	Justificação do Nível de Desempenho
Limite de Elasticidade	O Limite de Elasticidade é melhor, quanto maior o seu valor.
Resistência à Tração	A Resistência à Tração é melhor, quanto maior o seu valor, ou seja, mais resistente for a placa.

A Tabela 37, é referente aos Painéis Compósitos de Alumínio, onde estão incluídos os valores dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos

Tabela 37 – Indicadores propostos, para os Painéis Compósitos de Alumínio.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	% ER	LE	RT	D	CC	CI	CM	
	kg CO2 Eq/m2	MJ/m2	%	N/mm2	N/mm2	Anos	€/ m2	€/ m2	€/ m2	
Painéis Compósitos de Alumínio	1	79,74	1 147,00	0,15	120,00	140,00	40	59,88	36,56	20,80
	2	82,14	1 100,00	0,13	80,00	125,00	35	53,40	36,53	20,17
	3	100,84	1 099,30	0,08	40,21	47,07	20	54,93	36,58	22,49
	4	82,24	1166,00	0,12	90,00	130,00	70	47,80	36,60	20,90

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 38 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para os Painéis Compósitos de Alumínio.

Pior solução	100,84	1166,00	0,08	40,21	47,07	20	59,88	36,6	22,49
Melhor Solução	79,74	1099,30	0,15	120,00	140,00	70	47,80	36,53	20,17

A solução 1, é a solução melhor ao nível do potencial de aquecimento global, % de uso total de energias renováveis, do limite de elasticidade e da resistência à tração. Contrariamente, a pior solução para o custo de compra.

A solução 2, é a solução melhor em relação ao custo de instalação e custo de manutenção, não havendo nenhum indicador como pior solução.

A solução 3, é a melhor solução em relação ao uso total de energias não renováveis. Pelo contrário, é claramente, pior solução em relação ao potencial de aquecimento global, à % de uso total de energias renováveis, ao limite de elasticidade, à resistência à tração, à durabilidade e ao custo de manutenção.

A solução 4, é a melhor solução em relação à durabilidade e ao custo de compra. Pelo contrário, a pior solução em relação ao uso total de energias não renováveis e ao custo de instalação.

A Ponderação dos Indicadores Ambientais e Económicos, foi feita da mesma forma dos revestimentos anteriores. Para o conjunto de Indicadores Funcionais, foi dada maior e igual ponderação à durabilidade e à resistência à tração e menor ponderação ao limite de elasticidade.

Tabela 39 – Ponderação dos Indicadores propostos para os Painéis Compósitos de Alumínio.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	ER	LE	RT	D	CC	CI	CM
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35

Na Tabela 40, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 40 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos para os Painéis Compósitos de Alumínio.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicadores Funcionais			Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	ER	LE	RT	D	CC	CI	CM	
Ponderação	0,5	0,25	0,25	0,25	0,375	0,375	0,5	0,15	0,35	
Painéis Compósitos de Alumínio	1	1,00	0,28	1,00	1,00	1,00	0,40	0,00	0,57	0,73
	2	0,89	0,99	0,78	0,50	0,84	0,30	0,54	1,00	1,00
	3	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,29	0,00
	4	0,88	0,00	0,54	0,62	0,89	1,00	1,00	0,00	0,69

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme representado na Tabela 41.

Tabela 41 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Painéis Compósitos de Alumínio	1	0,82	0,78	0,34	0,71	Superior
	2	0,88	0,55	0,77	0,76	Superior
	3	0,25	0,00	0,25	0,17	Inferior
	4	0,58	0,87	0,74	0,70	Referência

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para os Painéis Compósitos de Alumínio, a solução de referência são os Painéis Compósitos de Alumínio 4.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, os Painéis 1 e 2 encontram-se a um nível superior da solução de referência e, os Painéis 3 encontra-se a um nível inferior da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Em conclusão e pela análise da Tabela 41, os Painéis Compósitos de Alumínio 2, são os painéis com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, os mais sustentáveis tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Os Painéis Compósitos de Alumínio 1 e 4 têm um Nível de Sustentabilidade bastante próximo, podendo ser ambos igualmente sustentáveis.

Na Figura 25, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as quatro soluções.

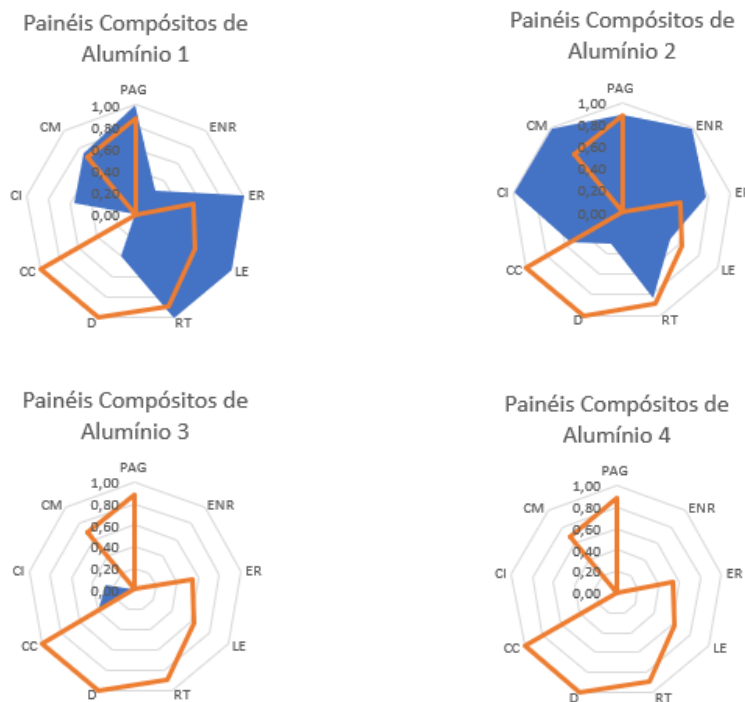


Figura 25 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Painéis Compósitos de Alumínio.

Pela análise da Figura 25, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a laranja referentes aos Painéis compósitos de Alumínio 4.

O gráfico dos Painéis Compósitos de Alumínio 2, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima dos indicadores normalizados de referência.

Por ordem decrescente, da melhor para a pior solução, temos os Painéis Compósitos de Alumínio 1 e por último, os Painéis Compósitos de Alumínio 3.

6.3.4 PAINÉIS SANDWICH

A análise que se segue é referente aos Painéis Sandwich.

Os Indicadores Ambientais considerados foram: o Potencial de Aquecimento Global, a utilização total de Energias Não Renováveis e a % de uso total de Energias Renováveis. O Indicador Funcional considerado foi a Durabilidade. Os Indicadores Económicos considerados foram: o Custo de Compra, o Custo de Instalação e o Custo de Manutenção.

À semelhança das Placas de Madeira, os Indicadores Funcionais considerados para o estudo dos Painéis Sandwich foram menos do que três. Neste caso, ainda menos dos usados para as Placas de Madeira. Foi apenas considerado o Indicador Funcional Durabilidade, devido à pouca informação existente ao nível das características funcionais, quer nas respetivas Declarações Ambientais de Produto, quer Fichas Técnicas. E assim, este estudo torna-se um pouco incompleto.

A Tabela 42, é referente aos Painéis Sandwich, onde estão incluídos os valores dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos.

Tabela 42 – Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.

Solução Construtiva		Indicadores Ambientais			Indicador Funcional	Indicadores Económicos		
		PAG	ENR	% ER	D	CC	CI	CM
		kg CO2 Eq/m2	MJ/m2	%	Anos	€/m2	€/m2	€/m2
Painéis Sandwich	1	78,63	1113,38	0,06	45	17,50	4,69	2,50
	2	85,94	1171,00	0,05	40	14,90	4,57	2,30
	3	80,14	1188,00	0,08	50	20,00	5,30	2,75

Elaborou-se uma análise de cada solução, referente à melhor e pior solução, dos indicadores propostos.

Tabela 43 – Melhor e Pior solução, dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.

Pior solução	85,94	1188	0,05	40	20	5,3	2,75
Melhor Solução	78,63	1113,38	0,08	50	14,9	4,57	2,3

A solução 1, é a melhor solução ao nível do potencial de aquecimento global e uso total de energia não renovável. Esta, não tem pior solução associada aos indicadores propostos.

A solução 2, é a melhor solução ao nível do custo de compra, custo de instalação e custo de manutenção. Contrariamente, é a pior solução ao nível do potencial de aquecimento global, da % de uso total de energias renováveis e da durabilidade.

A solução 3, é a melhor solução em relação à % de uso total de energias renováveis e à durabilidade. Contrariamente, é a pior solução em relação ao custo de compra, custo de instalação e de manutenção.

A Ponderação dos Indicadores Ambientais e Económicos, foi feita da mesma forma dos revestimentos anteriores. Para o Indicador Funcional, foi dada ponderação igual a 1, para a durabilidade, uma vez que foi apenas considerado um indicador.

Tabela 44 – Ponderação dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicador Funcional	Indicadores Económicos		
	PAG	ENR	% ER	D	CC	CI	CM
Ponderação	0,5	0,25	0,25	1,00	0,5	0,15	0,35

Na Tabela 45, estão representados os valores Normalizados, conforme a equação (1) apresentada no capítulo anterior.

Tabela 45 – Normalização dos valores dos Indicadores propostos, para os Painéis Sandwich.

Solução Construtiva	Indicadores Ambientais			Indicador D	Indicadores Económicos			
	PAG	ENR	% ER		CC	CI	CM	
Ponderação	0,5	0,25	0,25	1,00	0,5	0,15	0,35	
Painéis Sandwich	1	1,00	1,00	0,21	0,50	0,49	0,84	0,56
	2	0,00	0,23	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
	3	0,79	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00

Concluída a Normalização, foi calculado o Nível de Sustentabilidade de acordo com a equação (2) apresentada no capítulo anterior, conforme representado na Tabela 46.

Tabela 46 – Cálculo do Nível de Sustentabilidade, das soluções analisadas.

Solução Construtiva	Desempenho			Nível de Sustentabilidade (NS)	Classificação	
	Ambiental	Funcional	Económico			
	0,5	0,3	0,2			
Painéis Sandwich	1	0,80	0,50	0,56	0,66	Superior
	2	0,06	0,00	1,00	0,23	Inferior
	3	0,65	1,00	0,00	0,62	Referência

A Classificação dada a cada solução, teve como base uma solução de referência. Esta, foi escolhida em função do valor médio do Nível de Sustentabilidade.

Para os Painéis Sandwich, a solução de referência são os Painéis Sandwich 3.

Escolhida a solução de referência, foi dada a classificação “superior” ou “inferior” desta, ou seja, os Painéis 1 encontram-se a um nível superior da solução de referência e, os Painéis 2 encontra-se a um nível inferior da solução de referência, devido ao valor do Nível de Sustentabilidade.

Em conclusão e pela análise da Tabela 46, os Painéis Sandwich 1, são os painéis com maior Nível de Sustentabilidade e, portanto, os mais sustentáveis tendo em consideração o conjunto de Indicadores propostos.

Os Painéis Sandwich 1 e 2, têm um Nível de Sustentabilidade bastante próximo, podendo ser ambos igualmente sustentáveis, no entanto, foi considerado o primeiro pela pequena diferença que ainda existe entre eles.

Na Figura 26, são apresentados os diferentes Gráficos Radar, para as três soluções.

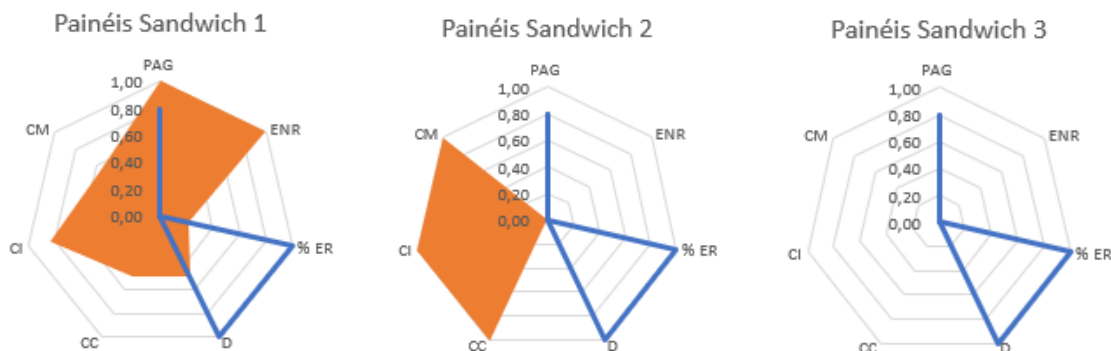


Figura 26 – Gráficos Radar para as 4 soluções de Painéis Sandwich.

Pela análise da Figura 26, podemos verificar que em todos os gráficos, estão representados os valores normalizados dos indicadores propostos e, que a solução de referência são as linhas a azul referentes aos Painéis Sandwich 3.

O gráfico dos Painéis Sandwich 1, é facilmente interpretado, uma vez que os indicadores estão, para a maioria dos indicadores normalizados, acima dos indicadores normalizados de referência.

Por último, os Painéis Sandwich 2, com três indicadores com o valor de 1.

Uma vez que existiu falta de informação relativamente aos Indicadores Funcionais das Placas de Madeira e dos Painéis Sandwich e, não foram considerados mais do que dois indicadores, poderiam ter sido usados, por exemplo, resistência ao choque, coeficiente de dilatação térmica, resistência à tração, limite de elasticidade, entre outros.

7

CONCLUSÃO

7.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Uma das questões relacionadas com a Sustentabilidade é, como atingir o desenvolvimento a nível social e económico, sem colocar em causa o meio ambiente.

Para sabermos onde queremos ir, é necessário sabermos onde estamos. Quer isto dizer que, sabemos que nos encontramos perante uma problemática ambiental, onde as alterações climáticas são cada vez maiores e mais notáveis, o que acaba por desequilibrar a sociedade e a economia. Temos conhecimento da maioria dos impactos ambientais resultantes das nossas práticas do dia a dia e dos variados setores, mais propriamente, a Construção. E desta forma, é fundamental começar a agir, em direção à Sustentabilidade, de forma a atenuar os impactos e melhorar a qualidade de vida da população.

No que diz respeito ao setor da Construção, é fundamental a redução de resíduos de construção e demolição, a escolha de materiais mais sustentáveis (em conformidade com todo o ciclo de vida), a instrução e beneficiação salarial dos intervenientes do setor (mão de obra qualificada e devidamente remunerada, resultará em qualidade na construção), a modernização (a otimização das tarefas e recurso a técnicas mais avançadas) e a gestão eficiente do recurso a matérias-primas renováveis e não renováveis.

Assim, perante o que foi anteriormente abordado, a presente dissertação foi útil para tirar algumas conclusões acerca da sustentabilidade de alguns materiais. E, após o estudo realizado, foi possível concluir quais são as soluções construtivas dos respetivos conjuntos de Revestimentos Aderentes e Revestimentos Não Aderentes analisados, que têm maior Nível de Sustentabilidade, em função dos Indicadores Ambientais, Funcionais e Económicos, propostos.

Relativamente às Placas de Grés Porcelânico, às Placas Cerâmicas, às Pinturas e às Placas de Pedra concluiu-se que as soluções mais sustentáveis, são as soluções 3. Em relação às Placas de Madeira e aos Painéis Compósitos de Alumínio, concluiu-se que as soluções mais sustentáveis, são as soluções 2. Por último, para os Painéis Sandwich, concluiu-se que a solução mais sustentável, é a solução 1.

De acordo com o estudo elaborado, podemos concluir que as Placas de Grés Porcelânico 3 e os Painéis Compósitos de Alumínio 2 têm um Nível de Sustentabilidade igual a 0,76, o que os tornam como soluções igualmente sustentáveis e os mais sustentáveis dos conjuntos. As Placas de Grés Porcelânico 4, as Placas Cerâmicas 3, os Painéis de Madeira 2 e os Painéis Compósitos 1 e 4, têm Níveis de Sustentabilidade com valores iguais a 0,71 ou 0,72, o que os tornam como soluções igualmente sustentáveis.

Contrariamente, podemos concluir que, considerando um Nível de Sustentabilidade abaixo de 0,20, as Placas de Grés Porcelânico 2, os Painéis de Madeira 3 e os Painéis Compósitos de Alumínio 3, são muito pouco sustentáveis, com Níveis de Sustentabilidade, respetivamente iguais a, 0,11, 0,13, e 0,17.

Concluindo, os materiais mais sustentáveis do conjunto analisado, são as Placas de Grés Porcelânico 3 e os Painéis Compósitos de Alumínio 2.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A metodologia de MARS-SC, é bastante útil e abrangente, auxiliando no processo de tomada de decisões. Para desenvolvimentos futuros, seria fundamental continuar com a perspetiva abordada na presente dissertação, com a melhoria de certos fatores que tornarão o estudo mais completo.

Assim, é fundamental: adaptar o estudo a nível nacional, como os produtos, as legislações e as normas; aumentar os indicadores propostos bem como aumentar o número de soluções construtivas; e aplicar a metodologia de MARS-SC em mais fases do ciclo de vida do material, sendo o ideal, do berço ao berço, “from cradle to cradle”, a fim de se perceber qual a fase que será mais impactante.

A Avaliação do Ciclo de vida de um material, será mais completa e clarificadora, quantas mais fases forem incluídas no estudo. Por vezes, um material pode apresentar-se como a pior solução para uma determinada fase e, numa outra fase, pode apresentar-se como a melhor solução. E neste sentido, alargar o estudo, torna-se necessário para se ter uma perspetiva mais alargada do produto, durante o seu ciclo de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACH - Painel de Fachada com Fixações Ocultas ACH [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.panelesach.pt/painel-fachada-fixacoes-ocultas>>.
- ALPROSER - Fachada Ventilada em Pedra de Granito [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://alproser.com/product/fachada-ventilada-em-pedra-de-granito/>>.
- AMBSCIENCE, Engenharia - Conheça os principais contaminantes do solo e os impactos que provocam na natureza [Em linha]. [Consult. 05/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://ambscience.com/contaminantes-do-solo/>>.
- ANDERSSON-SKÖLD, Yvonne ; GRENNFELT, Peringe ; PLEIJEL, Karin - Photochemical ozone creation potentials: a study of different concepts - Journal of the Air & Waste Management Association [Em linha]. Vol: 42, nº 9 (1992), p. 1152-1158. ISSN: 1047-3289
- ARQUITETURA, Line - Qualidade de mão de obra na construção civil [Em linha]. [Consult. 06/05/2021].
- BANEMA - Revestimento de fachadas painéis madeira cimento [Em linha]. [Consult. 09/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://banema.pt/pt/produtos/revestimento-de-fachadas/revestimento-de-fachadas-paineis-madeira-cimento/>>.
- BCSD, Portugal - SUSTENTABILIDADE [Em linha]. [Consult. 05/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://bcdportugal.org/sustentabilidade/>>.
- BIFIRE - Equitone [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: https://www.edilportale.com/prodotti/etex-italia/pannello-per-facciata-ventilata-in-fibroemento-ecologico/equitone-%5Blinea%5D_338074.html>.
- BRAGANÇA, Luís ; MATEUS, Ricardo - Avaliação da sustentabilidade das operações de reabilitação urbana - [Em linha]. (2017), ISSN: 9899654396
- BRE, Global Ltd ; ROCKPANEL, GROUP - ROCKPANEL® FS-Xtra Cladding Panel. 2016. Disponível em WWW: <<https://www.heinze.de/pdfdownload/?pdf=/m2/53/65953/pdf/83/20434683px595x842.pdf>>. ISBN: ISBN.
- CLIPER, cerâmica - O que são revestimentos cerâmicos e as suas vantagens [Em linha]. [Consult. 07/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.cliper.pt/revestimentos-ceramicos-vantagens/>>.
- COUTINHO, Anderson [et al.] - Análise do ciclo de vida (ACV). 2016.
- DA COSTA RODRIGUES, Diogo João Afonso - A Sustentabilidade na Reabilitação de Edifícios- Estudo de casos - [Em linha]. (2020),
- DAPCONS ; ROCA - Grés porcelânico medio - [Em linha]. (2018), Disponível em WWW: <<https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/csosteniblev4/dapcons/DAPcons-002-021-CERAMICASBELCAIRE-2.pdf>>.
- DECORFÁCIL - Fachadas de casas com pedras: incríveis modelos e como escolher a pedra ideal [Em linha]. [Consult. 13/03/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.decorfacil.com/fachadas-de-casas-com-pedras/>>.
- DIAS, José Miranda ; BAIÃO, Manuel ; SILVA, Maria João Falcão - Requisitos básicos aplicáveis às soluções de construção industrializada para edifícios - [Em linha]. (2013),
- DICKIE, I. B. - Gestão de Design Aplicada: Estratégias de comunicação no contexto do desenvolvimento sustentável. Santa Catarina: UFSC, 2010.
- ECOPLATFORM - ECO PORTAL [Em linha]. [Consult. 25/04/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.eco-platform.org/eco-portal-access-point-to-digital-product-data.html>>.
- EPA, Danish Environmental Protection Agency - Impact categories, normalisation and weighting in LCA [Em linha]. [Consult. 05/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87-7614-574-3/html/kap06_eng.htm>.

- EPD, International AB ; ALBOND - Aluminium Composite Panels - [Em linha]. (2017a), Disponível em WWW: <https://epdturkey.org/wp-content/uploads/S-P-01261_Construction_AluminiumCompositePanels_Albond_EN_EPDTurkey_v2.pdf>.
- EPD, International AB ; ALUCOIL, S.A. - Aluminium composite panel for use in architecture, automotive, naval and corporate image applications, among others. 2017b. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/00c247cb-6b5e-4b9a-8a1e-35e994fcbffd/Data>>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; EGOIN - EGO-CLT Cross Laminated Timber wood panel. 2018a. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/56b3eb3a-3191-4885-ac23-fdfb5231a925/Data>>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; GDA - Aluminium composite panels - [Em linha]. (2018b), Disponível em WWW: <https://alucobond.com/cms/deliver/EPD_Environmental_product_declaration.pdf>.
- EPD, International AB ; INDUSTRIAS JUNO, SA - Exterior paints. 2020a. Disponível em WWW: <[https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/20079/S-P-01853%20EPD%20\(English%20version\)%202020-11.pdf](https://gryphon4.environdec.com/system/data/files/6/20079/S-P-01853%20EPD%20(English%20version)%202020-11.pdf)>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; KALE - Ceramic Wall Tiles. 2018c. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/00d39777-517d-4159-a263-b798063b2af0/Data>>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; LUNDGRENSHYVLERI - Planed products wood panel and wooden laths. 2020b. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/6c642a9d-4c41-4262-a0c1-dc0dd2fad72d/Data>>.
- EPD, International AB ; MARAZZI, Group - Ceramic Tiles. 2018d. Disponível em WWW: <https://www.marazzigroup.com/media/filer_public/2a/5b/2a5bb35f-a6c4-4551-b8f1-7311220cf025/epd_eng_fiorano_2018_mar_fio_17_0001_con_ecoplatform.pdf>.
- - Wall Ceramic Tiles. 2019a. Disponível em WWW: <https://www.marazzigroup.com/media/filer_public/55/4c/554cce5f-01c9-406c-b6e6-58dbfe73a745/epd_sassuolo_2019_mar_sas_18_0001_ecoplatform.pdf>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; REVIGRÉS - Ecologic Porcelain Tiles - [Em linha]. (2017c), Disponível em WWW: <<https://epd-online.com/PublishedEpd/Download/9356>>.
- EPD, International AB ; SAINT-GOBAIN - Environmental product declaration: Gyproc® Steel Profiles and Accessorie. Saint-Gobain Sweden AB, 2017d.
- EPD, International AB ; STORAENSO - Cladding and Decking. 2020c. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/18e0982b-7b7e-4a21-802d-08d8e2c71993/Data>>. ISBN: ISBN.
- EPD, International AB ; TENAX, PANEL - Wall- and roof panels with an insulation core made of polyurethane. 2019b. Disponível em WWW: <<https://portal.environdec.com/api/api/v1/EPDLibrary/Files/5a408ebe-461e-4ac8-5978-08d90559b7e2/Data>>.
- EPD, Italy ; PANARIA, Group - Porcelain stoneware. 2018e. Disponível em WWW: <https://www.epditaly.it/en/wp-content/uploads/2016/12/ENG_EP-D-Gres-Porcellanato-Toano_-Panariagroup-EPD-Italy-EPD-002-PGR-Ver1_DEF.pdf>.
- EUROSTAT - Energy, Transport and Environment statistics - [Em linha]. (2019),
- GOMES, FACM - Argamassas Pré-Doseadas Para rebocos de Edifícios Antigos - Dissertação de Mestrado de Bolonha em Construção, Instituto Superior Técnico–Universidade Técnica de Lisboa [Em linha]. (2009),
- GROSSI, Marcus Vinícius Fernandes - O papel do revestimento da fachada nos edifícios [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.direcionalcondominios.com.br/sindicos/marcus-vinicius-fernandes-grossi/item/2836-o-papel-do-revestimento-da-fachada-nos-edificios.html>>.
- HUFFT - Baulinder Haus [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.houzz.in/photos/baulinder-haus-phvw-vp~9204385>>.

- HURWITZ, Margaret M [et al.] - Ozone depletion by hydrofluorocarbons - Geophysical Research Letters [Em linha]. Vol: 42, nº 20 (2015), p. 8686-8692. ISSN: 0094-8276
- IBU, Institut Bauen und Umwelt e.V. ; KG, Romakowski GmbH & Co. - ROMA quick-assembly insulating panel, types P, M & D. 2018a. Disponível em WWW: <https://www.romakowski.com/files/userdata/roma-daemmsysteme_EN/downloads/certificates-environment/ROMA_EP_D_PIR_Sandwichpanels.pdf>.
- IBU, Institut Bauen und Umwelt e.V. ; OF, EUROROC - European & International Federation ; INDUSTRIES, Natural Stone - Tiles and Slabs from natural stone. 2014. Disponível em WWW: <https://nvs.ch/fileadmin/user_upload/nvs/0_Landing_Page/PDF_EP_D_Naturstein.pdf>.
- IBU, Institut Bauen und Umwelt e.V. ; PROFILES, European Association for Panels and - Double skin steel faced sandwich panels with a core made of polyurethane. 2018b. Disponível em WWW: <https://www.ppa-europe.eu/db/docs/130912_EP_D-EPAQ-20130170-CBG1-EN_PU.pdf>.
- INDIAMART - Verma And Sons Aluminium Works [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.indiamart.com/vermasons-aluminium/products.html#aluminium-cladding-65211046>>.
- ITALY, EPD ; S.P.A., Ceramiche Caesar - Porcelain stoneware and single firing white body ceramic tiles and slabs. 2018a. Disponível em WWW: <<https://www.epditaly.it/en/wp-content/uploads/2016/12/EPD-05-FAP-CERAMICHE-TOOL-V5-ECOP.pdf>>. ISBN: ISBN.
- - Porcelain stoneware ceramic tiles and slabs. 2018b. Disponível em WWW: <<https://www.epditaly.it/en/wp-content/uploads/2016/12/EPD-06-CAESAR-tool-v5-ecop.pdf>>.
- LEÃO, Thiago - Ficha técnica de produto: o que é e como montar a sua [Em linha]. [Consult. 06/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/ficha-tecnica-de-produto/>>.
- LNec - O RPC em síntese [Em linha]. [Consult. 05/05/2021]. Disponível em WWW: <URL: <http://www.lnec.pt/pt/servicos/marcacao-ce-de-produtos-de-construcao/o-rpc-em-sintese/>>.
- MARGRES , Ceramic Tiles - Fachadas ventiladas. 2019. Disponível em WWW: <<https://margres.com/media/Manual-Fachadas-Ventiladas-5f69f68d71ba0.pdf>>.
- MEDLEY, Margaret - The Chinese potter: a practical history of Chinese ceramics. Phaidon, 1976. ISBN: 0714816752.
- MENDES, Sérgio ; MORAIS, Franklim ; BRANDÃO, Daniel - Sistemas para Fachadas Ventiladas: Um Estudo Comparativo. CESAP-Cooperativa de Ensino Superior Artística do Porto, 2016.
- MONIER, V [et al.] - Service contract on management of construction and demolition waste - Report EU Commission [Em linha]. (2011),
- MOURA, MARIANGELA DE ; MOTTA, ANA LUCIA TORRES SEROA DA - O fator energia na construção civil In IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO. Rio de Janeiro: 2013. 2013.
- OBRASTOTAIS - Pintura de Exteriores [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.obrastotais.pt/pinturas-interiores-e-exteriores>>.
- OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de - Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.
- PACHECO-TORGAL, Fernando ; JALALI, Said - A sustentabilidade dos materiais de construção. Universidade do Minho. TecMinho, 2010.
- PAINEL, O Feliz - Painel Sandwich. 2018. Disponível em WWW: <<https://ofelizpainel.com/wp-content/uploads/2018/11/OFPA-Painel-Sandwich-pt.pdf>>.
- PUGLIESI, Nataly - Fachada de madeira: por que e como fazer [Em linha]. Disponível em WWW: <URL: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/fachada-de-madeira-por-que-e-como-fazer/11070>>.
- RODRIGUES, Adelino de Araújo - Fachadas com revestimentos exteriores descontínuos e independentes Caracterização e selecção exigencial. Porto: FEUP, 2003. XVI, 138f. p.

- ROSETA-PALMA, Catarina - Recursos não Renováveis - [Em linha]. (1997),
RTS, Building Information Foundation ; RY, Kivi - Floor and facade stone. 2020. Disponível em
WWW: <https://kivi.info/wp-content/uploads/2020/07/RTS_EPD_56_20_Floor-and-Facade-stone_KIVI-Ry.pdf>. ISBN: ISBN.
- S.A., SGS Portugal - A marcação CE nos produtos de construção [Em linha]. [Consult. 06/05/2021].
Disponível em WWW: <URL: <https://www.sgs.pt/pt-pt/news/2017/12/marcacao-ce>>.
- SAINT-GOBAIN, Placo - Análise do ciclo de vida [Em linha]. [Consult. 25/04/2021]. Disponível em
WWW: <URL: <https://www.placo.pt/sustentabilidade/declaracoes-ambientais-de-produto-dap/analise-do-ciclo-da-vida>>.
- SAMPEDRAS, World - Fachada Ventilada [Em linha]. [Consult. 15/05/2021]. Disponível em WWW:
<URL: <http://www.sampedras.com/pt/tipos-fixacao.html>>.
- SAWYER, Clair N - Basic concepts of eutrophication - Journal (Water Pollution Control Federation)
[Em linha]. (1966), p. 737-744. ISSN: 0043-1303
- SIKA - Revestimentos cerâmicos Sistemas e soluções. Sika, 2019. ISBN: ISBN.
- TAVARES, Agnelo da Cruz - Gestão de edifícios informação comportamental. Porto: [s. n.], 2009. XVI,
71 p.
- TINTAS&PINTURA - Pintar Superfícies no Exterior [Em linha]. [Consult. 06/05/2021]. Disponível
em WWW: <URL: <https://tintasepintura.pt/pintar-exterores/>>.
- ULENVIENMENT ; BEHR - BEHR pro® e600 exterior paints. 2017. Disponível em WWW:
<https://www.behr.com/binaries/content/assets/behrdotcom/web/pdfs/epd/103.1_behr_epds_e600_11.17.pdf>. ISBN: ISBN.
- - Behr premium plus® exterior paint. 2018. Disponível em WWW:
<https://www.behr.com/binaries/content/assets/behrdotcom/web/pdfs/epd/110.1_behr_premium-plus-exterior-epd.pdf>. ISBN: ISBN.
- VEIGA, Rosário ; DE OLIVENÇA MALANHO, Sofia - Revestimentos de pedra natural: Metodologia de diagnóstico e reparação de anomalias. In 3.º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios-PATORREB 2009 [Em linha]. Universidade do Porto, 2009, p. 109-114.
- VOSGUERITCHIAN, Andrea Bazarian - A abordagem dos sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura nos quesitos ambientais de energia, materiais e água, e suas associações às inovações tecnológicas. São Paulo: FAUUSP, 2005.
- WEBER, Saint-Gobain - Como colar grês porcelânico em fachadas [Em linha]. Disponível em WWW:
<URL: <https://www.pt.weber/colagem-e-betumacao-de-ceramica/como-colar-gres-porcelanico-em-fachadas>>.