Instituto Superior
de Engenharia
Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE / DEPARTMENT OF
ENGENHARIA CIVIL

Desenvolvimento de um Projeto de Edifício Sustentável: Análise Comparativa de Soluções Construtivas

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em / to fulfill the Master's degree in Cidades Sustentáveis e Inteligentes

Especialização em Construção Urbana

Autor / Author

Maria Lina Soler da Costa

Orientador

Prof. Eduardo Natividade

Co-Orientador

Prof. Rui Ferreira

Coimbra, junho 2025

INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

RESUMO

A construção sustentável emergiu como uma resposta à exploração excessiva dos recursos naturais e aos impactos ambientais causados pelo desenvolvimento urbano acelerado. Durante períodos de crescimento económico, a dependência de recursos não renováveis e o aumento da urbanização agravaram problemas ambientais globais, como a degradação da camada de ozono, o efeito estufa e a perda de biodiversidade. A revolução industrial intensificou essa tendência, levando à construção de ambientes urbanos muitas vezes sem planejamento adequado, contribuindo para a deterioração do meio ambiente. Em resposta, a sustentabilidade ambiental tornou-se uma prioridade mundial, especialmente na indústria da construção civil, considerada uma das maiores consumidoras de recursos naturais e geradora de resíduos volumosos. Dados da ONU indicam que aproximadamente 40% da energia global e 30% das emissões de CO_2 derivam do setor, evidenciando a urgência de práticas construtivas mais responsáveis.

A construção sustentável visa integrar princípios de eficiência energética, uso racional de recursos e redução do impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida dos edifícios. Inclui a utilização de materiais renováveis, tecnologias inovadoras e sistemas de gestão inteligente, promovendo ambientes mais saudáveis e confortáveis. Normas e certificações como LEED, BREEAM e LiderA incentivam a adoção de tais práticas, contribuindo para a transição para uma economia de baixo carbono. Este trabalho apresenta materiais e soluções construtivas, presentes no mercado, capazes de reduzir o impacto das emissões de gases nocivos na construção civil ao mesmo tempo que podem melhorar a qualidade de vida dos usuários e até mesmo, reduzir gastos no médio ao longo prazo. A seguir, afim de ter um exemplo prático do estudado, foi desenvolvido um projeto simplificado de um edifício multifamiliar, em Coimbra, que recorre sempre ao uso destes materiais e técnicas e está sob o âmbito da certificação LiderA.

Palavras-chaves: construção sustentável; materiais sustentáveis; conforto ambiental; bem-estar dos ocupantes; certificação ambiental.

ABSTRACT

Sustainable construction has emerged as a response to the overexploitation of natural resources and the environmental impacts caused by accelerated urban development. During periods of economic growth, reliance on non-renewable resources and increasing urbanization have exacerbated global environmental issues such as ozone layer depletion, greenhouse effect, and biodiversity loss. The Industrial Revolution intensified this trend, often leading to the construction of urban environments without adequate planning, thereby contributing to environmental deterioration. In response, environmental sustainability has become a global priority, particularly within the construction industry, which is considered one of the largest consumers of natural resources and generators of significant waste. United Nations data indicates that approximately 40% of global energy and 30% of CO_2 emissions originate from this sector, underscoring the urgency for more responsible construction practices.

Sustainable construction aims to integrate principles of energy efficiency, rational resource use, and environmental impact reduction throughout the building lifecycle. It involves the use of renewable materials, innovative technologies, and intelligent management systems, fostering healthier and more comfortable environments. Standards and certifications such as LEED, BREEAM, and LiderA promote the adoption of these practices, contributing to the transition towards a low-carbon economy. This work presents construction materials and solutions currently available on the market that can reduce harmful gas emissions associated with civil construction, while also improving users' quality of life and potentially lowering costs in the medium term. To provide a practical example of the studied concepts, a simplified project of a multi-family building in Coimbra was developed, utilising these materials and techniques, and is under the scope of the LiderA certification.

Keywords: sustainable construction; sustainable materials; environmental comfort; occupant well-being; environmental certification.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e me fortalecer em todos os momentos desta jornada.

À minha família, com carinho especial para minha irmã mais nova, pelo apoio constante, amor e compreensão ao longo desse percurso.

Ao meu namorado, pelo incentivo, paciência e presença nos momentos mais desafiadores.

Aos meus colegas de curso, com quem compartilhei aprendizados, desafios e conquistas.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, palavras de ânimo e carinho.

Aos meus Professores e Orientadores pelo tempo disponibilizado na realização deste trabalho e conhecimento transmitido.

Muito obrigada a todos!

ÍNDICE DE TEXTO

Resumo i
Abstract ii
Agradecimentos iii
Índice de Texto iv
Índice de Figuras vii
Índice de Quadros ix
Lista de Abreviaturas x
1 Introdução 1
1.1 Objetivo 3
1.2 Estrutura e Metodologia 3
2 Estado da Arte 5
2.1 Conceitos e princípios 5
2.2 Critérios para a construção sustentável 7
3 Sistema de Avaliação e Certificação 10
3.1 Introdução 10
3.2 Caracterização os métodos de avaliação 10
3.2.1 Método LEED 10
3.2.2 Método BREEAM 12
3.2.3 Método LiderA 14
3.3 Síntese e análise comparativa dos métodos 17
4 Materiais e Soluções Construtivas Sustentáveis 21
4.1 Materiais Estruturais 21
4.1.1 Betão Eco Eficiente 22
4.1.2 Madeira Estrutural 24
4.1.3 Aço Reciclado 26
4.1.4 Síntese comparativa dos materiais estruturais 27
4.2 Alvenarias 28
4.2.1 Blocos de Betão Autoclavado 28
4.2.2 Tijolo Cerâmico Térmico 29
4.2.3 Blocos de Terra Compactada 30

4.2.4 Síntese comparativa das Alvenarias 31
4.3 Caixilharia 32
4.3.1 Madeira certificada 33
4.3.2 Alumínio reciclado 34
4.3.3 PVC ecológico 35
4.3.4 Síntese comparativa dos materiais de caixilharia 36
4.3.5 Vidros 38
4.3.6 Síntese comparativa dos tipos de vidros 39
4.4 Soluções de fachadas 40
4.4.1 Sistemas ETICS 40
4.4.2 Fachadas dinâmicas (Brises) 42
4.4.3 Fachadas ventiladas 43
4.4.4 Síntese comparativa das soluções de fachadas 45
4.5 Soluções de climatização 46
4.5.1 Piso radiante 46
4.5.2 Sistemas de ar condicionado 46
4.5.3 Ventilação natural 47
4.5.4 Síntese comparativa das soluções de climatização 49
4.6 Sistemas técnicos de climatização 50
4.6.1 Bombas de calor 50
4.6.2 Sistemas a biomassa 51
4.6.3 Síntese comparativa dos sistemas técnicos de climatização 52
4.7 Revestimentos 53
4.7.1 Tintas ecológicas 53
4.7.2 Tintas convencionais 53
4.7.3 Grés porcelânico ecológico 54
4.7.4 Piso de madeira certificada 55
4.7.5 Síntese comparativa entre os revestimentos 56
4.8 Coberturas ecológicas 58
4.8.1 Coberturas ajardinadas 58
4.8.2 Coberturas de vidro 59
4.8.3 Coberturas de telha cerâmica 60
4.8.4 Síntese comparativa dos tipos de cobertura 61

4.9 Energia 62
4.9.1 Energia solar 62
4.9.2 Energia convencional 63
4.9.3 Sistemas de recuperação de calor 65
4.9.4 Síntese comparativa dos tipos de energia 66
4.10 Rede de água inteligente 67
4.10.1 Reutilização das águas pluviais 67
4.10.2 Equipamentos 68
5 Projeto 70
5.1 Localização 70
5.2 Memória Descritiva e Justificativa 71
5.3 Aplicação à Certificação LiderA 77
5.3.1 Avaliação de Parâmetros LiderA aplicados no projeto da presente dissertação 79
5.3.2 Avaliação Global dos Parâmetros LiderA do presente estudo 94
6 Conclusão 95
Referências Bibliográficas 97
Anexos 107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Logo dos métodos de certificação LEED (a), BREEAM (b) e LiderA (c) 2

Figura 2.1 – Síntese do Protocolo de Kyoto [10] 6

Figura 3.1 – Oriente Green Campus, o primeiro edifício LEED Platinum da Grande Lisboa [26] 12

Figura 3.2 – Q51, o primeiro edifício de escritórios a receber a classificação Outstanding em Portugal, localizado na Grande Lisboa [27] 14

Figura 3.3 – Sede Corporativa do Grupo EDP, em Lisboa, de classificação A+ do LiderA [29] 17

Figura 4.1– Materiais de betão eco eficiente (a), pórticos de madeira estrutural (b) e aço em estoque para reciclagem (c) 28

Figura 4.2– Materiais de betão autoclavado (a), tijolo cerâmico térmico (b) e blocos de terra compactada (c) 32

Figura 4.3 – Madeiras certificadas em estoque (a), alumínios para iniciar a reciclagem (b), tubos em PVC ecológico (c) 37

Figura 4.4 – Pormenor do sistema ETICS 41

Figura 4.5 – Sistema ETICS (a), Brises-soleil (b) e fachada ventilada (c) 45

Figura 4.6 – Piso radiante executado (a), sistema de ar-condicionado split (b) e estudo de ventilação natural numa moradia (c) 49

Figura 4.7 – Sistema de bomba de calor (a) e sistema de energia via biomassa (b). 52

Figura 4.8 – Tintas ecológicas (a), tintas convencionais (b), piso em grés porcelânico ecológico (c) e piso em madeira certificada (d) 57

Figura 4.9 – Cobertura ajardinada (a), cobertura de vidro (b) e cobertura de telha cerâmica (c) 62

Figura 4.10 – Sistema para captação de energia solar (a), usina termelétrica (b) e sistema de recuperação de calor (c) 66

Figura 5.1 – Serviços e equipamentos no entorno do terreno (circulado à vermelho) 70

Figura 5.2 – Vista em planta do terreno com os limites do lote (a), vista da rua oeste 1 (b), vista da rua oeste (c) e vista da rua sul (d) 72

Figura 5.3 – Vista em planta do piso 0 73

Figura 5.4 – Vista em planta do piso 1 74

Figura 5.5 – Vista em planta da cobertura 74
Figura 5.6 – Vista em alçado da fachada oeste (fachada principal) 75
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P1 80
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P2 81
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P3 81
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P4 82
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P5 83
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P7 84
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P10 85
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P11 86
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P12 87
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P13 88
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P14 89
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P15 90
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P16 91
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P17 92
Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P18 93

ÍNDICE DE QUADROS

Tabela 4.1 – Tabela de síntese dos materiais estruturais estudados 28
Tabela 4.2 – Tabela de síntese dos tipos de alvenaria estudados 32
Tabela 4.3 – Tabela de síntese dos materiais de caixilharia estudados..... 37
Tabela 4.4 – Tabela de síntese dos vidros estudados..... 40
Tabela 4.5 – Tabela de síntese das soluções de fachada estudadas 45
Tabela 4.6 – Tabela de síntese das soluções de climatização estudadas 49
Tabela 4.7 – Tabela de síntese das soluções de climatização estudadas 52
Tabela 4.8 – Tabela de síntese dos revestimentos estudados..... 57
Tabela 4.9 – Tabela de síntese dos tipos de cobertura estudados 61
Tabela 4.10 – Tabela de síntese dos tipos de energia estudados 66

LISTA DE ABREVIATURAS

ONU	Organização das Nações Unidas
CO_2	Dióxido de Carbono
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
LiderA	Liderar pelo Ambiente
VOCs	Complexos Orgânicos Voláteis
BRE	Bilding Research Establishment
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
FSC	Forest Sterwadship Council
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
AAC	Autoclaved Aerated Concrete
PVC	Policloreto de Vinila
Low-E	Low Emissivity
ETICS	Sistema de Isolamento Térmico pelo Exterior
EPS	Poliestireno Expandido
XPS	Poliestireno Extrudido
UV	Ultravioleta
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
REN	Rede Elétrica Nacional
NO_x	Óxido de Nitrogénio
SO_x	Óxido de Enxofre
SRC	Sistemas de Recuperação de Calor
T2	Tipologia 2
T3	Tipologia 3
RGEU	Regulamento Geral das Edificações Urbanas
EU	União Européia
NP EN	Norma Portuguesa Eurocódigo

1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a maioria das nações enxergou o meio ambiente como um reservatório inesgotável de recursos naturais, sendo um espaço onde se podia extrair matéria-prima e descartar resíduos sem grandes preocupações ou consequências aparentes.

O crescimento econômico era priorizado em detrimento de qualquer reflexão sobre os impactos de longo prazo. Durante esse período, a exploração excessiva dos recursos naturais provocou redução de suas reservas. Como resultado, a intensa demanda por matérias-primas e a busca por maior produtividade no mundo industrializado causaram impactos ambientais severos como desastres ecológicos, extinção de diversas espécies, além de problemas globais como a degradação da camada de ozônio e o agravamento do efeito estufa [1].

Essa "evolução" do estilo de vida das pessoas trouxe consigo o processo de urbanização nas cidades. Este começou com a Revolução Industrial e gerou um aumento considerável no consumo de matérias-primas, visto que parte da população desejava sair da área rural rumo às áreas urbanizadas em busca de melhores oportunidades de trabalho, educação e serviços. Com isso, o espaço urbano sofreu alterações e a preservação do meio ambiente passou a ser prejudicada devido a crescente de construções sem planeamento prévio e sem qualquer preocupação com os recursos naturais finitos [2].

Consequentemente, ao perceber o declínio ambiental, a sustentabilidade ambiental se tornou uma prioridade global nas últimas décadas, impulsionada pelo aumento da conscientização sobre os impactos adversos das atividades humanas no meio ambiente. No contexto da indústria da construção civil, reconhecida como uma das maiores consumidoras de recursos naturais e geradora de resíduos, tornou-se necessária a busca por práticas construtivas sustentáveis [1] [2].

Este aumento descontrolado do consumo de recursos naturais e a forma como são utilizados demandam planeamento de projeto desde o início até o final da obra. A construção sustentável emerge como uma resposta crucial às carências contemporâneas por práticas construtivas que minimizem os impactos ambientais e promovam a eficiência energética, a conservação de recursos naturais e a qualidade de vida dos ocupantes dos edifícios.

A indústria da construção civil desempenha um papel relevante no cenário global, tanto pelo volume significativo de recursos financeiros que movimenta, quanto pela criação de empregos. No entanto, esse setor também se destaca pelo elevado consumo de energia e de recursos naturais, além da geração de grande quantidade de resíduos. Diante disso, são debatidas a nível mundial diversas iniciativas e acordos visando a promoção de um desenvolvimento sustentável, especialmente devido ao

uso de materiais de construção convencionais, seu transporte e aos métodos produtivos utilizados [2].

Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), aproximadamente 40% da energia consumida mundialmente e cerca de 30% das emissões de CO_2 provêm de atividades relacionadas à construção, incluindo a produção de materiais, transporte e operação dos edifícios. Esse cenário coloca em evidência a urgência de estratégias que promovam a sustentabilidade nesse setor, minimizando os seus impactos ambientais e potencializando o seu papel na transição para uma economia de baixo carbono [3].

A construção sustentável surge, assim, com a necessidade de integrar práticas de eficiência energética, uso responsável de recursos e redução de impactos ambientais desde o projeto até a construção, operação e eventual desconstrução ou renovação dos edifícios. O conceito de construção sustentável engloba um conjunto de princípios que visam maximizar o uso de recursos renováveis, como a madeira e a energia solar, minimizar o desperdício de água e de materiais, e criar edifícios que proporcionem conforto térmico e qualidade do ar, promovendo a saúde e o bem-estar dos ocupantes. Adicionalmente, a adoção de tecnologias e técnicas inovadoras, como materiais de baixo impacto ambiental, sistemas de gestão inteligente e métodos de construção modular e pré-fabricada, tem se consolidado como parte essencial dessa abordagem [4].

No contexto atual, a implementação de normas e certificações da construção sustentável, como LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), e LiderA (Liderar pelo Ambiente) têm incentivado a adoção de práticas mais sustentáveis no setor da construção. A obtenção destas certificações pode, inicialmente para alguns, parecer de difícil acesso, mas quando aplicadas, obtêm-se excelentes resultados a longo prazo, tanto a nível económico quanto ambiental [5].

(a) **(b)** **(c)**

Figura 1.1 – Logo dos métodos de certificação LEED (a), BREEAM (b) e LiderA (c)

1.1 Objetivo

O presente trabalho tem como finalidade contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais sustentável no ambiente construído, bem como alertar para a necessidade urgente de incorporar princípios sustentáveis nesse setor. Além disso, é realizada uma análise sucinta das práticas e materiais adotadas no mercado, que permite esboçar um panorama da construção civil sob a perspetiva da sustentabilidade. Este projeto enquadra um edifício multifamiliar na zona centro de Portugal, em Coimbra, focado na construção sustentável.

O estudo irá analisar como o uso de materiais e técnicas eco eficientes, pode contribuir para a redução dos impactos ambientais dos edifícios.

Além disso, será dada atenção especial aos benefícios a longo prazo para os usuários e para a sociedade, como por exemplo a melhoria na qualidade de vida proporcionada por ambientes mais saudáveis e confortáveis.

Assim, espera-se que este trabalho contribua para o avanço do conhecimento na área de construção sustentável, estratégias e práticas que promovam um setor de construção mais responsável e alinhado com os objetivos globais de sustentabilidade. Dessa forma, este projeto de mestrado buscará não apenas responder às questões acadêmicas, mas também oferecer insights práticos que possam orientar o setor na direção de um futuro mais sustentável.

1.2 Estrutura e Metodologia

Este estudo está estruturado em 6 capítulos, sendo o primeiro, o capítulo de introdução, que contém o enquadramento ao tema, os objetivos do presente trabalho e qual a metodologia adotada para tal.

O segundo capítulo, tem como finalidade expor quais os princípios da construção sustentável, explicando o que é, quando e porque surgiu e qual a necessidade da criação desse conceito devido às carências atuais.

No terceiro capítulo, apresenta-se um estudo dos principais sistemas de avaliação e certificação da construção sustentável, o qual tem como objetivo explicar quais os parâmetros adotados por cada sistema para avaliação, como é feita e qual a qualificação da construção.

O quarto capítulo, contém uma apresentação sucinta de alguns dos principais materiais considerados sustentáveis disponíveis no mercado da construção civil.

No quinto capítulo é apresentado o processo de desenvolvimento de um projeto de um edifício multifamiliar - localizado em Coimbra, Portugal -, onde se procura demonstrar, na prática, como poderíamos introduzir algumas das diretrizes e critérios dos métodos de certificação da construção sustentável apresentados no

capítulo 3. Ainda neste capítulo, apresenta-se a memória descritiva e justificativa do projecto desenvolvido.

No sexto e último capítulo, apresenta-se a conclusão final referente a todo o trabalho desenvolvido.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Conceitos e princípios

O conceito de construção sustentável começou a se desenvolver nas décadas 60 e 70, quando houve um aumento na conscientização ambiental em várias partes do mundo. Esse período foi marcado por movimentos sociais e estudos que apontavam para a degradação do meio ambiente como resultado das práticas industriais e do crescimento urbano desenfreado, levando a uma reflexão mais ampla sobre o impacto humano no meio ambiente. Esse movimento incentivou arquitetos, engenheiros e outros profissionais do setor da construção a repensarem as práticas vigentes e a considerarem o impacto ambiental das edificações [1].

A crise do petróleo de 1973 revelou a dependência global de fontes de energia não-renováveis e incentivou a busca por alternativas. A partir desse momento, houve uma crescente conscientização sobre a importância de reduzir o consumo de energia e de investir em fontes renováveis. Na construção civil, isso se traduziu em uma busca por soluções que promovessem a eficiência energética nos edifícios [6].

Estudos começaram a mostrar que muitos dos materiais e práticas usados na construção tinham um impacto negativo na saúde dos ocupantes dos edifícios, principalmente devido à poluição do ar interior [5]. Com isso, surgiram iniciativas para garantir que os ambientes construídos fossem saudáveis e seguros, levando à adoção de materiais e métodos de construção que minimizassem os riscos para a saúde.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi então oficialmente consolidado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 1983 [3]. Em 1987, essa comissão publicou o Relatório Brundtland, intitulado "Nosso Futuro Comum", que popularizou o termo "desenvolvimento sustentável". Esse relatório definiu o desenvolvimento sustentável como *"…aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem às suas próprias necessidades…"* [7]. Esse conceito foi, mais tarde, aplicado à construção civil, inspirando o setor a buscar soluções que considerassem tanto o impacto ambiental quanto o uso responsável dos recursos naturais [8].

A criação de programas e certificações que estabeleceram diretrizes específicas para projetos sustentáveis, vieram a seguir. Na década de 90 do século passado, surgiram normas e certificações como o BREEAM, lançado no Reino Unido em 1990, e o LEED, criado nos Estados Unidos em 1998 já nos anos 2000, foi desenvolvido o método de certificação português LiderA. Essas certificações estabeleceram critérios para avaliar a sustentabilidade de uma construção em aspetos como eficiência

energética, uso de recursos, qualidade do ar interno e impacto ambiental dos materiais, ajudando a popularizar o conceito globalmente [5].

No fim do século XX, início do século XXI, o conceito de construção sustentável expandiu-se para abranger não apenas a eficiência energética e a escolha de materiais, mas também a qualidade de vida dos ocupantes, o uso eficiente da água, a gestão de resíduos e a integração dos edifícios ao entorno natural [5]. O lançamento do Protocolo de Kyoto, Figura 2.1, em 1997 e as conferências da ONU sobre mudanças climáticas ajudaram a fortalecer a importância da sustentabilidade na construção civil, com metas globais para redução de emissões e preservação do meio ambiente [9].

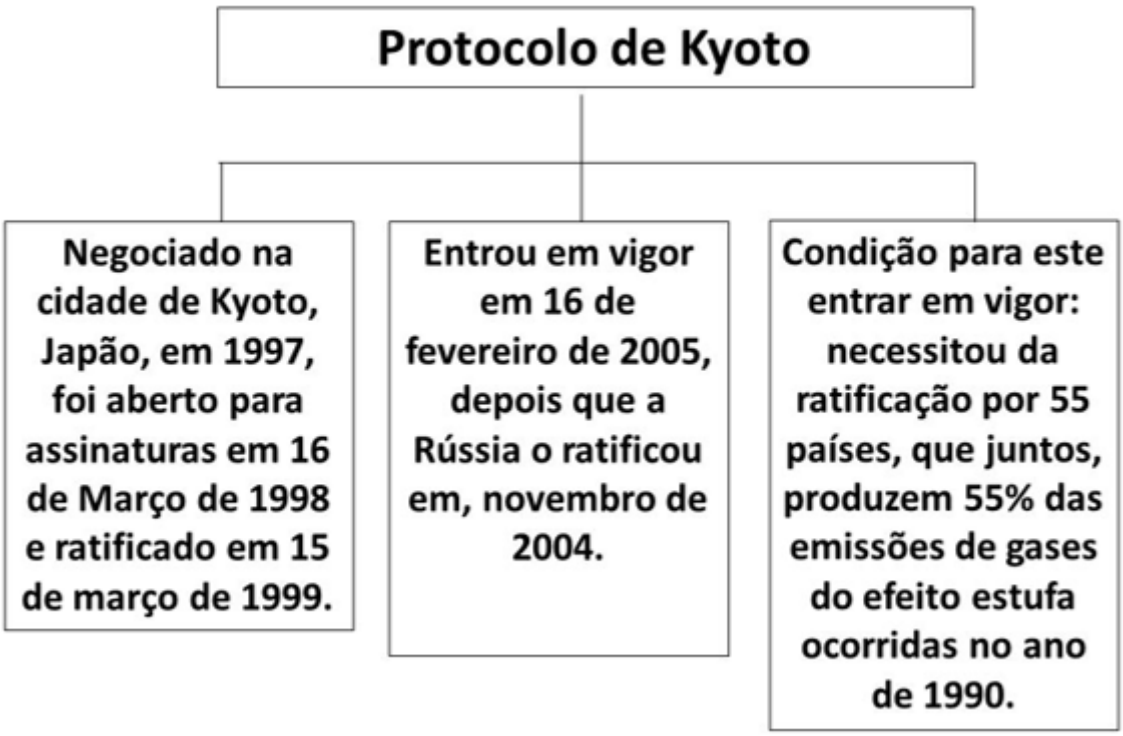


Figura 2.1 – Síntese do Protocolo de Kyoto [10]

Essa evolução na sustentabilidade global, foi resultado de uma crescente conscientização sobre os impactos ambientais das atividades humanas, a busca por eficiência energética e a necessidade de garantir o bem-estar dos ocupantes. Desde sua origem, a construção sustentável evoluiu para incluir práticas mais abrangentes e complexas, que consideram o ciclo de vida completo de uma edificação, desde o planejamento até sua desconstrução. O avanço das certificações e o fortalecimento das regulamentações ambientais têm incentivado o setor da construção a se tornar mais responsável, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade como um todo [11].

2.2 Critérios para a construção sustentável

A construção sustentável, é um conceito que busca integrar práticas e tecnologias voltadas à preservação ambiental no desenvolvimento de edificações, reduzindo os impactos negativos ao meio ambiente e promovendo eficiência energética, económica e social. Essa abordagem transforma a maneira como planeamos, construímos e utilizamos os edifícios, focando em práticas que beneficiam tanto o meio ambiente quanto as pessoas que ocupam esses espaços [4].

Várias etapas do ciclo de vida da edificação, desde o planeamento e escolha dos materiais até a fase de uso, manutenção e descarte final, caracterizam uma obra sustentável. A ideia central é que o edifício, ou qualquer estrutura construída, minimize seu impacto ambiental durante toda a sua vida útil. Para isso, diversos aspetos são levados em conta, incluindo a eficiência energética, a escolha dos materiais, a gestão de resíduos, a conservação da água, e o conforto e bem-estar dos usuários [4].

A construção sustentável busca reduzir o consumo energético por meio de soluções de design e tecnologias que otimizem o uso de eletricidade e outras fontes de energia. Isso pode ser alcançado, por exemplo, com o uso de sistemas de energia renovável, como painéis solares e turbinas eólicas, que reduzem a dependência de fontes de energia não-renováveis [12].

Outro aspeto é o aproveitamento da luz natural, o que reduz a necessidade de iluminação artificial durante o dia. Janelas bem posicionadas, telhados transparentes ou materiais que permitam a entrada de luz natural são algumas das estratégias para maximizar a iluminação do ambiente [13]. Além disso, a construção sustentável investe em sistemas de isolamento térmico e climatização eficiente, que ajudam a manter a temperatura ideal nos ambientes, reduzindo a necessidade de aquecimento ou arrefecimento. O uso de vidros duplos, materiais isolantes envolventes, além de sistemas de ventilação natural, contribui para um uso mais racional da energia [4].

Assim, a escolha dos materiais de construção, é um fator essencial para a sustentabilidade. Muitos dos materiais convencionais utilizados na construção civil têm um alto impacto ambiental, seja pela emissão de CO_2 durante a produção, pelo esgotamento de recursos naturais ou pelos resíduos gerados no fim da vida útil. Na construção sustentável, a preferência é por materiais recicláveis, biodegradáveis ou de baixo impacto ambiental [14].

Madeiras certificadas, blocos de betão reciclado são alguns exemplos de materiais que podem ser utilizados para reduzir a pegada ambiental [12]. Além disso, o uso de materiais locais diminui a necessidade de transporte, o que também reduz as emissões associadas ao consumo de combustíveis, Portugal, sendo o maior produtor de cortiça do mundo, por exemplo, pode ter esse material em alta nos projetos sustentáveis, porque além de ser um bom produto, não precisa sofrer uma grande deslocação para chegar até o local [15].

Materiais com alta durabilidade e baixa necessidade de manutenção são preferidos, pois prolongam a vida útil das edificações e reduzem o consumo de novos recursos ao longo do tempo, em operações de manutenção e conservação. Outra prática importante é o reaproveitamento de materiais de demolição, que evita o desperdício e reduz a geração de entulhos e resíduos [4].

A gestão de resíduos é outro desafio na construção sustentável. Durante o processo, é inevitável que a obra gere resíduos, seja de materiais excedentes, restos de concreto ou embalagens. Para minimizar esses impactos, a construção sustentável adota práticas de redução, reutilização e reciclagem desses resíduos [4]. Planear adequadamente o uso dos materiais, por exemplo, evita compras em excesso e o consequente desperdício. Já a reutilização de materiais permite que certos itens, como portas, janelas e pisos, possam ser aproveitados em novas construções. Além disso, a reciclagem dos resíduos permite a transformação de materiais, como betão e madeira, em novos produtos, evitando que esses acabem em aterros [16] [15].

A construção sustentável também se preocupa com o uso eficiente da água, um recurso cada vez mais escasso em diversas partes do mundo. Medidas de conservação da água incluem sistemas de captação de água da chuva, que pode ser armazenada e utilizada para fins não potáveis, como irrigação de jardins, limpeza, entre outros. Sistemas de reuso de água, como o tratamento de águas cinzas (águas provenientes de lavatórios, chuveiros e lavadoras), são outra estratégia para reduzir o consumo de água potável em atividades que não requerem sua qualidade [17]. Além disso, a instalação de torneiras e chuveiros de baixo consumo, bem como sanitas com autoclismo económicos, contribui para a diminuição do desperdício [18].

O conforto e o bem-estar dos ocupantes, também são priorizados, pois um ambiente saudável é fundamental para a produtividade e a qualidade de vida das pessoas. Isso é alcançado por meio de práticas como o uso de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis (VOCs), que evitam a poluição do ar interno. Tintas, adesivos e outros produtos de construção podem liberar substâncias tóxicas, e a escolha de alternativas menos poluentes contribui para a saúde dos ocupantes [19].

Outro aspeto importante é a ventilação natural, que ajuda a manter a qualidade do ar e a controlar a humidade interna. Ambientes bem ventilados e com boa circulação de ar são mais saudáveis e confortáveis. A temperatura, a iluminação e o controle de ruídos também influenciam diretamente no conforto e bem-estar das pessoas, sendo pontos considerados no planeamento sustentável [13].

Socialmente, a construção sustentável busca atender às necessidades das comunidades, criando edificações que promovam bem-estar, saúde e segurança. Projetos sustentáveis promovem ambientes mais inclusivos e acessíveis, contribuindo para o desenvolvimento de cidades mais resilientes e menos desiguais [6].

Por fim, a construção sustentável representa uma mudança necessária na maneira como edificamos nossas cidades, com benefícios que vão muito além da simples economia de recursos. Ela oferece uma resposta prática e integrada aos desafios

ambientais, económicos e sociais do nosso tempo, permitindo que o setor da construção civil, historicamente um dos mais poluentes, seja um agente positivo de transformação [4].

3 SISTEMA DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO

3.1 Introdução

No contexto da construção sustentável, a certificação de edifícios desempenhou papel essencial na redução dos impactos ambientais e na promoção do uso racional dos recursos naturais. A procura de soluções de infraestrutura que reduzam a pegada de carbono e incentivem práticas responsáveis na construção e operação de edifícios é crescente, refletindo a urgência da transição para um setor da construção mais sustentável [20]. Neste âmbito, os sistemas de certificação como o LEED, o BREEAM e o LiderA são reconhecidos como metodologias eficazes e padronizadas para a avaliação de edifícios com base em critérios de sustentabilidade e eficiência ambiental. Estes sistemas oferecem um conjunto abrangente de diretrizes e critérios que incentivam as práticas sustentáveis no setor da construção e auxiliam os responsáveis pela tomada de decisão a adotar práticas ambientalmente responsáveis [21].

Como mencionado no capítulo 1, a construção civil é responsável por cerca de 40% do consumo de energia global e 30% das emissões de CO_2 [22]. Nesse cenário, as certificações ambientais desempenham um papel fundamental na redução dessas emissões, incentivando a utilização de tecnologias de baixo carbono, energias renováveis e práticas de construção sustentável [20] [23]. Estudos indicam que esta certificações podem aumentar o valor do imóvel, tendo preços de venda até 15% mais altos do que suas contrapartes não certificadas, um fator que reflete a crescente procura por edifícios sustentáveis no mercado imobiliário [20].

3.2 Caracterização os métodos de avaliação

3.2.1 Método LEED

Desenvolvido pelo U.S. Green Building Council (USGBC) em 1998, O LEED é um sistema de certificação ambiental que se destaca por sua estrutura baseada em um sistema de pontos, projetado para incentivar e reconhecer práticas sustentáveis na construção civil [21]. As edificações podem ser certificadas em quatro níveis: Certified, Silver, Gold e Platinum, consoante a pontuação obtida durante a avaliação [21]. Esses pontos são atribuídos com base no cumprimento de requisitos específicos que variam entre as diferentes categorias de certificação, nomeadamente em termos de eficiência energética, gestão hídrica, escolha de materiais, conforto ambiental e inovação [21] [24] [23].

O sistema de pontuação é dividido em várias categorias que contêm pré-requisitos obrigatórios e créditos adicionais. Os pré-requisitos são requisitos mínimos que

todos os projetos devem atender para serem elegíveis à certificação. Já os créditos adicionais são opções que os projetistas podem escolher para acumular pontos e alcançar os diferentes níveis da certificação [21].

As categorias são as seguintes:

i) Local Sustentável: foca em promover o desenvolvimento em locais que minimizem impactos negativos no meio ambiente, incentivando o uso de transporte sustentável e evitando a degradação de ecossistemas naturais [21];

ii) Eficiência no Uso da Água: visa reduzir o consumo de água potável através da implementação de tecnologias de conservação e do uso eficiente da água em edifícios e paisagens [21];

iii) Energia e Atmosfera: promove práticas que minimizam o consumo de energia e a emissão de gases de efeito estufa, na medida em que incentiva o uso de fontes de energia renováveis, como solar e eólica, e a implementação de sistemas de monitoramento de energia [21] [22];

iv) Materiais e Recursos: trata da escolha de materiais com menor impacto ambiental, considerando o ciclo de vida completo dos produtos, desde a extração até o descarte. Também promove a utilização de materiais reciclados e locais, o que não só reduz as emissões associadas ao transporte, mas também apoia a economia local [21];

v) Qualidade do Ambiente Interno: garante que os espaços internos sejam saudáveis e confortáveis para os ocupantes ao incluir práticas como ventilação adequada, controle da qualidade do ar interior e uso de materiais que não liberem compostos orgânicos voláteis [21];

vi) Inovação e Prioridade Regional: valoriza a inovação nas práticas de construção, oferecendo créditos adicionais para projetos que adotam soluções que vão além dos requisitos mínimo e reconhece a importância de adaptar práticas e estratégias às condições e necessidades locais [21] [25];

A avaliação dos projetos LEED é realizada por profissionais acreditados, o que assegura um processo padronizado e tecnicamente embasado. Esses profissionais têm a responsabilidade de verificar se o projeto atende aos critérios estabelecidos, promovendo a confiabilidade e a transparência no processo de certificação. O uso de normas internacionalmente reconhecidas garante que os projetos estejam alinhados com os melhores padrões da indústria [21] [25].

Além disso, o processo é dinâmico, permitindo que os edifícios sejam reavaliados e recertificados ao longo do tempo, garantindo que mantenham padrões elevados de desempenho sustentável [21]. Essa reavaliação periódica é fundamental em um mundo em constante mudança, onde novas tecnologias e práticas emergem rapidamente

A implementação deste método de avaliação tem mostrado resultados significativos em termos de redução do consumo de energia e água, além de diminuição das emissões de carbono [21] [22]. Pesquisas demonstram que edifícios certificados

consomem, em média, 25% menos energia e 20% menos água do que edificações convencionais, contribuindo para uma significativa diminuição da pegada ambiental [25].

A crescente adoção do LEED em projetos de grande escala, como campus universitários, hospitais e edifícios comerciais, demonstra a sua eficácia e aceitação no setor da construção. Muitas instituições estão implementando políticas que exigem a certificação para novos edifícios, reconhecendo não apenas os benefícios ambientais, mas também as vantagens económicas e sociais de operar em espaços sustentáveis. Essa tendência indica um futuro promissor para o LEED como uma referência em práticas de construção sustentável [20].

Em conclusão, este sistema representa uma abordagem abrangente e sistemática para a certificação ambiental de edificações, destacando-se pela sua estrutura de pontos e categorias que abordam diversos aspetos da sustentabilidade. Com seu enfoque em eficiência energética, qualidade do ambiente interno e inovação, o LEED não apenas promove práticas de construção responsáveis, mas também garante que os edifícios certificados contribuam efetivamente para a mitigação das mudanças climáticas e o uso sustentável de recursos [21]. A sua avaliação rigorosa e a adoção de normas reconhecidas globalmente solidificam a sua credibilidade como uma ferramenta vital para impulsionar a sustentabilidade no setor da construção civil [21] [25].

Figura 3.1 – Oriente Green Campus, o primeiro edifício LEED Platinum da Grande Lisboa [26]

3.2.2 Método BREEAM

Criado pelo Building Research Establishment (BRE) no Reino Unido em 1990, é considerado o sistema de certificação ambiental mais antigo e amplamente adotado na Europa. Inicialmente projetado para atender às regulamentações britânicas e europeias, o BREEAM possui uma estrutura que favorece a adaptação regional e considera as especificidades climáticas e legais dos países onde é implementado. Esta

flexibilidade contribuiu para sua adoção na Europa e em países com regulamentações semelhantes, destacando-se como uma metodologia mais regionalizada do que a anterior [24] [25].

A certificação considera um espectro amplo de fatores que impactam o ambiente construído, abordando tanto aspetos técnicos quanto sociais das edificações. Ela avalia não só a performance ambiental do edifício em si, mas também seu impacto no entorno e na sociedade [24]. A estrutura de avaliação foi projetada para incentivar práticas sustentáveis que possam reduzir significativamente o consumo de energia, água e materiais, além de melhorar a saúde e o bem-estar dos ocupantes e mitigar a poluição e os resíduos. A pontuação passa por Pass, Good, Very Good, Excellent ou Outstanding. Cada categoria é ponderada de acordo com a importância dos critérios, o que permite personalizar as metas de desempenho ambiental para cada projeto [25].

As categorias são:

i) Gestão: inclui a implementação de planos de gestão de resíduos e a realização de auditorias ambientais para identificar e mitigar riscos, reduzindo custos a longo prazo e maximizando a eficiência dos recursos utilizados [24];

ii) Saúde e Bem-Estar: considera fatores como qualidade do ar, design de iluminação natural e níveis de ruído para garantir que o ambiente seja seguro e confortável para os ocupantes, aumentando o bem-estar [24];

iii) Energia: incentiva o uso racional de energia e a adoção de fontes renováveis ao oferecer créditos para edifícios que demonstram uma performance energética superior, com tecnologias como sistemas de isolamento avançados, janelas de alto desempenho e sistemas de energia solar e eólica [24] [22];

iv) Transporte: avalia a conectividade do edifício com alternativas de transporte sustentável, como transporte público, ciclovias e áreas de pedestres, incentivando práticas que reduzam a dependência do transporte individual [24];

v) Uso da Água: promove o uso eficiente da água e incentiva tecnologias de captação de água da chuva e reutilização de águas cinzentas. Tecnologias como sistemas automatizados e aparelhos de baixo consumo são práticas eficazes [24];

vi) Materiais: incentiva o uso de materiais de baixo impacto ambiental e prioriza aqueles que são produzidos de forma sustentável ou possuem características de reciclabilidade. Além disso, é promovido o uso de materiais locais para reduzir a pegada de carbono associada ao transporte [24];

vii) Resíduos: exige que os projetos implementem planos de minimização de resíduos que incluem estratégias de reciclagem e reutilização de materiais [24];

viii) Uso do Solo e Ecologia: considera fatores como a preservação de áreas verdes e a restauração ecológica do local, promovendo práticas que minimizem o impacto do edifício no ambiente natural [24];

ix) Poluição: promove a instalação de tecnologias de controle de emissões e sistemas de filtragem para minimizar contaminantes liberados pelas atividades do edifício [24].

A adoção deste método de certificação continua a crescer na medida em que possui reconhecimento global e é impulsionada pela crescente conscientização sobre sustentabilidade, de que construções sustentáveis podem contribuir para o combate às mudanças climáticas e a preservação de recursos naturais [25].

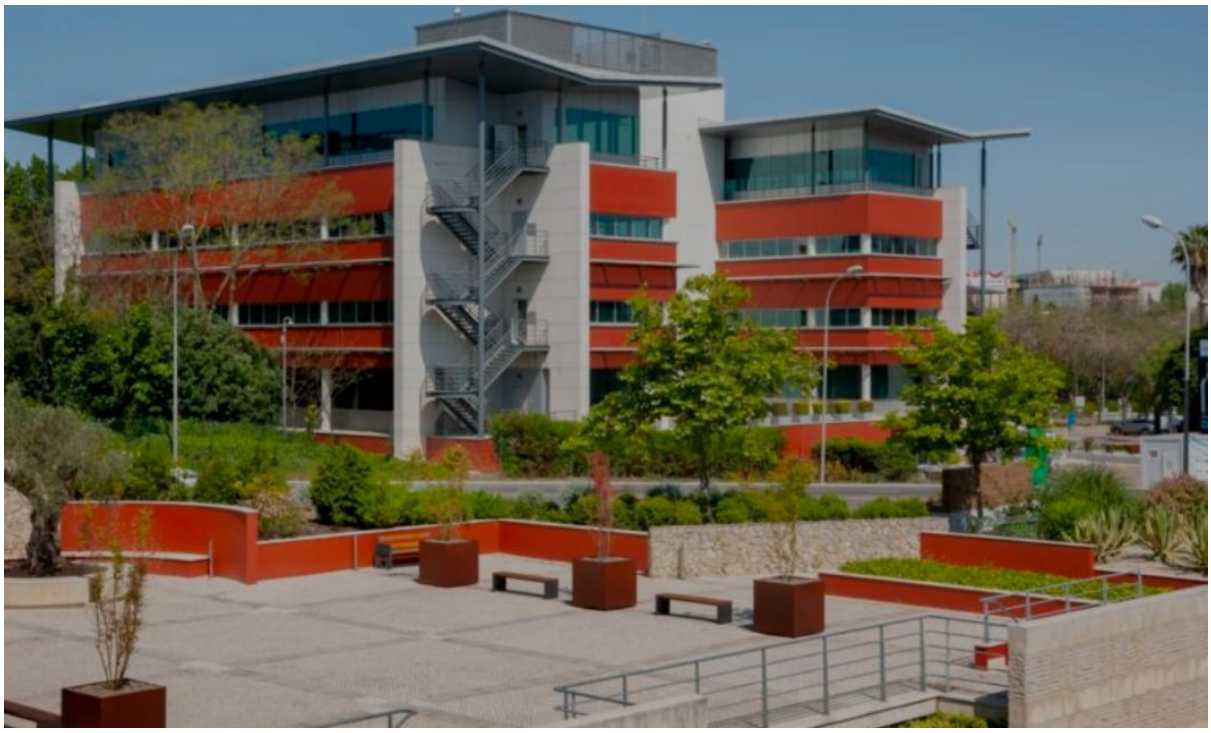


Figura 3.2 – Q51, o primeiro edifício de escritórios a receber a classificação Outstanding em Portugal, localizado na Grande Lisboa [27]

3.2.3 Método LiderA

O sistema de certificação ambiental LiderA é centrada na identificação de critérios que permitam medir e promover a sustentabilidade no ambiente construído. Idealizada no Instituto Superior Técnico, organiza-se num corpo teórico-prático composto por seis princípios estruturantes [23]. Estes princípios são a base de uma lógica sistémica que propõe uma abordagem transformadora, direcionada para a criação de ambientes mais humanos, eficientes e integrados ao contexto [23] [28].

O primeiro princípio centra-se na valorização da dinâmica local e na integração contextual. Desde a implantação do edifício até à sua relação com ecossistemas, solos, património e paisagem envolvente, cada intervenção passa a ser observada pelo seu impacto positivo no território. A intenção é que o ambiente construído não seja um mero ocupante, mas sim um agente que requalifica o espaço, restaura habitats e reforça conexões com a comunidade local. Assim, critérios como recuperação ecológica, preservação de áreas naturais, sinergias com arquitetura

tradicional e inserção paisagística ganham relevância, aproximando o processo construtivo de uma lógica de regeneração territorial [23].

Relativamente ao uso eficiente de recursos — o segundo princípio — a atenção recai sobre a seleção, uso e gestão de energia, água, materiais e insumos relacionados, como o abastecimento alimentar. Aqui, a avaliação contempla tanto estratégias passivas — como a orientação solar e ventilação natural — quanto sistemas ativos certificados, exigindo escolhas informadas sobre materiais com elevada durabilidade, baixas emissões incorporadas e, sempre que possível, produção local ou renovável [21] [24]. Ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) são integradas ao método de modo a garantir que cada escolha, do berço até ao túmulo, seja sustentada em comparação ambiental rigorosa [22].

A minimização de cargas ambientais constitui o terceiro princípio e envolve a análise rigorosa das pressões externas provocadas pela construção e operação. Entre estas contam-se emissões atmosféricas, ruído, poluição lumino-térmica, efluentes e resíduos perigosos [22]. Os critérios exigem sistemas para mitigação e monitorização, tais como ventilação com filtragem de poluentes, isolamento acústico eficaz, gestão diferenciada de resíduos e sistemas de drenagem pluvial que reduzam o impacto sobre os corpos hídricos [25]. Assim, cada edifício passa a gerar menos ruído, menos efluentes e menor stress ecológico, contribuindo para uma melhor qualidade de vida urbana [20] [25].

Quanto à qualidade ambiental — quarto princípio —, o método exige conforto térmico, qualidade do ar interior, iluminação natural, conforto acústico e acessibilidade, além de adequação funcional [23]. A avaliação não se limita à validação de estudos térmicos e lumínicos, mas também os correlaciona com a vivência diária dos ocupantes, reconhecendo que ambientes saudáveis favorecem produtividade, saúde e bem-estar [25] [28]. A qualidade do ar é analisada com base em índices de CO_2 ou compostos orgânicos voláteis, ao passo que a acústica e acessibilidade são avaliadas segundo normas europeias, evidenciando o compromisso com a inclusão e a equidade [24].

No quinto princípio, a dimensão socioeconómica emerge com força: o ambiente construído deve apoiar vivências comunitárias, diversidade económica, gestão participativa e equidade no acesso a serviços, transportes e espaços públicos [28]. Aqui, LiderA incentiva a criação de espaços de encontro, acessos para todos, integração de comércio local e participação dos utentes na gestão do edifício ou território. Ao reconhecer custos que perduram ao longo do ciclo de vida, o sistema estimula práticas que minimizam despesas futuras — operacionais, de manutenção ou ambientais — beneficiando tanto promotores quanto utilizadores [20] [28].

O sexto princípio articula a ideia de uso sustentável com gestão ambiental contínua e inovação. Sustentabilidade é vista não apenas como uma meta alcançada, mas como um processo em constante evolução [23]. Por isso, o sistema valoriza planos de manutenção eficazes, monitorização ambiental, manuais operacionais e criação de indicadores. Além disso, oferece reconhecimento extra a soluções inovadoras —

tecnológicas, processuais ou sociais — que rompam com práticas convencionais, promovendo eficiência, regeneração, economia circular ou até reversão de danos ambientais [25].

A excelência do modelo reside na forma como estes princípios se entrelaçam. A integração contextual favorece a redução de cargas ambientais, que, por sua vez, suporta o conforto interior dos espaços; a eficiência de recursos reduz custos ao longo do tempo, implicando menores impactos económicos; tudo isso complementado por um compromisso com a qualidade de vida coletiva e com o melhor desempenho possível, seja em termos técnicos ou sociais. A coesão destes elementos traduz-se num instrumento conciso, abrangente e adaptável a diferentes escalas — desde moradia unifamiliar a grandes planos urbanísticos [20] [25].

A técnica de aplicação reflete esta complexidade organizada, distribuída ao longo do ciclo de vida. O processo inicia-se com uma fase de estudo preliminar, onde se definem objetivos, prioridades e métricas, em harmonia com os seis princípios, e realiza-se uma pré-avaliação que orienta as próximas fases. Durante a conceção e projeto detalhado, estas metas são integradas em opções arquitetónicas, escolha de materiais e sistemas técnicos [21] [24]. Na fase de construção, a realidade é confrontada com o plano e avalia-se a implementação das medidas programadas. Finalmente, na operação, realiza-se a verificação do desempenho, assegurando que a realidade corresponde às metas iniciais [23].

O critério de classificação do desempenho evolui desde uma escala que parte de E (representando prática convencional) até A++, com possibilidade de A+++ para resultados regenerativos. Cada patamar exige ganhos percentuais crescentes — por exemplo, mais de 50 % de melhoria no desempenho geral para alcançar a classe A [23]. Tal evolução exigente está intimamente ligada aos princípios: uma boa classificação reflete integração contextual exemplar, uso eficiente de recursos, mínima carga ambiental, alta qualidade interior, vivência social ativa e uso sustentável suportado por inovação efetiva [25] [28].

Em perspetiva de desenvolvimento, o sistema continua em evolução: está prevista a incorporação de indicadores de economia circular, resiliência climática, energias renováveis emergentes e ampliação da certificação para países lusófonos [20] [22]. A flexibilidade intrínseca, baseada nos seis pilares, constitui a alavanca que viabiliza novos ajustes sem comprometer a coerência [23].

A importância de uma abordagem estruturada nos princípios também se percebe na promoção de formação — como cursos de acreditação, documentos técnicos e manuais — indo além da certificação para fomentar cultura de sustentabilidade na comunidade técnica [20] [23]. Nesse sentido, o método terá mais impacto se conseguir proporcionar, ainda, estudos empíricos quantitativos sobre benefícios reais em desempenho energético, economia a longo prazo e melhoria da qualidade de vida, permitindo comparações com outros sistemas de certificação e oferecendo evidências robustas a decisores e agentes do mercado [25] [28].

Em síntese, LiderA não é apenas um sistema de medição ambiental, mas uma proposta paradigmática para repensar a construção sustentável: centrada na integração local, eficiente na gestão de recursos, atenta à redução de impactos, promotora de conforto e inclusão, e orientada para um uso inovador e sustentável [23] [28]. Por apoiar cada fase do ciclo de vida, proporciona uma trajetória de melhoria contínua, vinculada aos seis fundamentos que representam uma visão sistémica, cultural e técnica da construção contemporânea. Este carácter torna-o não apenas relevante para certificações, mas para a reflexão estratégica de políticas ambientais, planeamento urbano e desenvolvimento de novas práticas profissionais [20] [22].

Figura 3.3 – Sede Corporativa do Grupo EDP, em Lisboa, de classificação A+ do LiderA [29]

3.3 Síntese e análise comparativa dos métodos

A seguir, sintetiza-se os principais pontos de distinção entre os trê métodos estudados:

Estrutura e Organização dos Sistemas:

O LEED apresenta categorias temáticas bem definidas, como energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, localização e transporte. Cada categoria contém pré-requisitos obrigatórios e créditos opcionais que somam pontos para a certificação, classificada em quatro níveis.

O BREEAM adota lógica semelhante, dividindo-se em áreas como gestão, saúde e bem-estar, energia, transporte, água, materiais, resíduos, uso do solo e ecologia, e

poluição. A pontuação total é ponderada segundo metodologia própria, com classificação final variando entre cinco níveis.

Já o LiderA diferencia-se por estruturar-se com base em princípios aplicáveis ao ciclo de vida do edifício, abrangendo categorias como recursos, ambiente, conforto, economia e sociocultural. A classificação varia de G a A+++ sendo que o nível 1 ou E representa a prática atual (ou de referência) e o nível 2 ou A corresponde, em muitos critérios, a um desempenho cerca de 50 % superior ao nível E, sendo o nível A+ um Fator 4 (75 % superior ao nível E), o nível A++ um Fator 10 (90 % superior ao nível E). Em casos excecionais pode ser atribuído o nível A+++, representativo de um estado regenerativo.

Enquanto os dois primeiros adotam escalas de classificação discreta e padronizada, o LiderA propõe uma abordagem mais holística e adaptativa, permitindo flexibilidade conforme o contexto do projeto. Essa característica o aproxima da realidade local, mas pode dificultar comparações diretas com os demais.

Escopo Geográfico e Aplicabilidade Contextual:

O LEED tornou-se amplamente adotado em diversos países, graças à sua estrutura e à tentativa de compatibilização com mercados internacionais. No entanto, essa padronização pode limitar a incorporação de especificidades locais, a menos que sejam utilizados créditos regionais.

O BREEAM, embora também difundido globalmente, conta com variantes nacionais que permitem maior adaptação regional. Essa flexibilidade favorece a sensibilidade local, mas dificulta a uniformização global de critérios.

O LiderA é concebido com foco nas especificidades ambientais, sociais e culturais locais. Essa adequação o torna altamente pertinente para projetos em território português, embora sua aplicabilidade internacional ainda seja limitada.

Processo de Certificação e Participação das Partes Interessadas:

O LEED exige a submissão de documentação técnica à entidade certificadora, com tramitação considerada burocrática, implicando custos e prazos elevados.

O BREEAM requer a atuação de um assessor acreditado desde as fases iniciais, que conduz a avaliação e submete os resultados. Essa exigência aumenta a integridade do processo, mas também aumenta a complexidade organizacional.

No caso do LiderA, destaca-se o envolvimento ativo das partes interessadas. O diálogo entre promotores, projetistas e a comunidade é valorizado, promovendo um processo participativo que vai além da mera conformidade técnica.

Enquanto LEED e BREEAM priorizam objetividade e validação documental, o LiderA adota uma lógica mais colaborativa e integrada, especialmente adequada a projetos com forte componente social.

Estratégia de Avaliação e Filosofia Subjacente:

O LEED valoriza a inovação tecnológica e a eficiência operacional, priorizando soluções de engenharia de alto desempenho e o uso de tecnologias inteligentes. Mantém forte orientação ao desempenho mensurável e à certificação como selo de mercado.

O BREEAM é mais abrangente, incluindo critérios técnicos, operacionais e de bem-estar. Busca o equilíbrio entre desempenho ambiental, viabilidade econômica e conforto dos ocupantes. Em muitos aspectos, é mais exigente na gestão e operação ao longo do tempo.

Já o LiderA incorpora explicitamente a dimensão ética e cultural da sustentabilidade. Avalia o desempenho técnico em conjunto com o compromisso organizacional com valores sustentáveis. Elementos como responsabilidade social, integração paisagística e valorização do património local são destacados.

Critérios Técnicos e Indicadores Avaliados:

O LEED foca em indicadores quantificáveis: consumo energético, emissões de carbono, eficiência hídrica e gestão de resíduos. Essa mensuração rigorosa permite padronização, mas tende a negligenciar aspectos qualitativos.

O BREEAM contempla uma gama mais ampla de critérios, como riscos à saúde, conforto térmico e acústico, impacto na biodiversidade e gestão do canteiro de obras. Essa amplitude resulta em uma visão sistêmica, embora o processo seja mais complexo.

O LiderA organiza-se com base em 24 fatores agrupados em oito áreas, englobando dimensões técnicas, ambientais, sociais, culturais e econômicas. A possibilidade de ajustar a ponderação conforme o tipo de projeto permite personalização e contextualização.

Dessa forma, o modelo português destaca-se por promover soluções ajustadas ao contexto local, enquanto os demais oferecem maior comparabilidade internacional.

Custos e Benefícios Percebidos:

O LEED costuma envolver custos elevados, devido a taxas, documentação e consultoria. Em contrapartida, a notoriedade agrega valor significativo ao imóvel.

O BREEAM também implica em custos consideráveis, especialmente pela exigência de assessores acreditados. Seu reconhecimento pode resultar em benefícios regulatórios e comerciais, particularmente na Europa.

O LiderA tende a apresentar custos inferiores. Embora menos reconhecido em mercados globais, mostra-se estratégico para empreendimentos públicos e projetos com foco na sustentabilidade local.

Conclusão Comparativa:

A análise revela que cada sistema possui méritos próprios, ajustando-se a diferentes contextos e estratégias. LEED destaca-se pela padronização e visibilidade

internacional; BREEAM, pela abrangência e adaptação regional; e LiderA, pela flexibilidade, relevância cultural e profundidade ética.

Não se pode afirmar que um deles seja superior em termos absolutos. A escolha depende das metas do projeto, do contexto geográfico, dos stakeholders envolvidos e dos recursos disponíveis. Para iniciativas em território português, o modelo nacional é especialmente alinhado às políticas locais. Já para empreendimentos com ambições internacionais ou que busquem maior visibilidade de mercado, as opções com presença consolidada no exterior oferecem vantagens relevantes.

Compreender essas nuances é essencial para profissionais e investigadores comprometidos com edificações mais sustentáveis, resilientes e alinhadas aos desafios contemporâneos da construção civil.

4 MATERIAIS E SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS

O desenvolvimento de materiais e soluções construtivas sustentáveis tem, assim, como objetivo principal minimizar os danos ambientais, enquanto atendem às necessidades de conforto e segurança das edificações. Esses materiais, além de serem frequentemente menos agressivos ao meio ambiente, possuem características que os tornam altamente eficientes em termos de isolamento térmico e acústico, durabilidade, e capacidade de regeneração ou reutilização [12]. Na prática, a utilização de materiais sustentáveis é uma das estratégias mais eficazes para reduzir a pegada ecológica de um edifício, pois contribui para a diminuição do consumo energético, redução de resíduos e economia de recursos ao longo de todo o ciclo de vida da construção [15].

Optar por materiais sustentáveis não é uma mera tendência ou um capricho da arquitetura contemporânea, mas uma necessidade urgente para garantir que os edifícios do futuro sejam mais eficientes e menos impactantes. Tais materiais oferecem benefícios como o aumento da eficiência energética, a melhor qualidade do ar interior, e a durabilidade ampliada, contribuindo para construções que respondam aos desafios climáticos e sociais da atualidade [15]. No contexto do projeto arquitetónico, a utilização de soluções sustentáveis permite uma abordagem, onde cada material e técnica contribui para o objetivo de reduzir o impacto ambiental, melhorar o bem-estar dos ocupantes e, idealmente, promover uma economia circular [13].

Neste capítulo, serão explorados os principais materiais e soluções construtivas que têm se destacado por seu potencial sustentável, considerando suas características, aplicações e benefícios. A incorporação destes elementos no desenvolvimento de um projeto de arquitetura desempenha um papel essencial na mitigação dos danos ambientais, alinhando a construção às necessidades de preservação ambiental e ao desenvolvimento de cidades mais resilientes e saudáveis para as gerações futuras.

4.1 Materiais Estruturais

Na atualidade encontram-se diversos materiais para a estrutura dos edifícios que atendem os padrões da sustentabilidade, cada um com seus prós e contras, com qualidades e desvantagens a depender da necessidade do projeto e da ótica relacionada à conceção deste [12]. Aqui, serão expostos alguns dos materiais existentes, dentre eles betão eco eficiente (ou betão verde), o betão reciclado, a madeira estrutural e o aço reciclado.

4.1.1 Betão Eco Eficiente

O betão eco eficiente constitui uma alternativa sustentável ao betão tradicional, concebida para reduzir os impactes ambientais associados à construção civil. Esta tipologia de betão integra resíduos e subprodutos industriais como substitutos parciais ou totais dos componentes convencionais, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a promoção de práticas alinhadas com a economia circular [30].

Entre os materiais utilizados, destacam-se as cinzas volantes, as escórias de alto-forno, o vidro reciclado e os agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) [31]. A incorporação destes materiais reduz o consumo de matérias-primas virgens e as emissões de CO_2 associadas à produção de cimento, enquanto melhora características técnicas como a durabilidade e a eficiência energética das construções [31].

As **cinzas volantes** são um subproduto da combustão de carvão em centrais termoelétricas, constituídas por partículas finas ricas em sílica e alumina. Estas reagem quimicamente com o hidróxido de cálcio, formando produtos cimentícios que contribuem para a durabilidade do betão [32]. Ao reduzir a permeabilidade, tornam o material mais resistente à ação de agentes agressivos, como cloretos e sulfatos – uma propriedade particularmente relevante em ambientes húmidos, onde a exposição à humidade e ao sal pode comprometer a integridade estrutural [32].

As **escórias de alto-forno**, subproduto da indústria siderúrgica, resultam do processo de fusão do minério de ferro. Quando moída, a escória granulada apresenta propriedades que permitem a substituição parcial do cimento [33]. O betão resultante apresenta elevada resistência a ataques químicos, sendo indicado para aplicações em ambientes húmidos. A sua baixa permeabilidade favorece a longevidade estrutural e reduz o risco de corrosão das armaduras. Embora a resistência inicial possa ser ligeiramente inferior, tal como no caso das cinzas volantes, a resistência a longo prazo é superior, tornando-a apropriada para projetos que exigem elevada durabilidade [33].

O **vidro reciclado**, proveniente do processamento de resíduos vítreos descartados, pode ser moído em partículas finas e utilizado como agregado ou substituto parcial do cimento. A sua adição proporciona boas propriedades de durabilidade, promovendo a formação de uma microestrutura densa que reduz a permeabilidade do betão [34]. Contudo, é crucial controlar a reatividade alcalina do vidro, de forma a evitar reações deletérias ao longo do tempo. O betão com vidro reciclado apresenta boa resistência mecânica, embora a substituição excessiva de cimento por vidro possa comprometer a resistência inicial, sendo, por isso, necessária uma dosagem controlada [34].

Outro material amplamente utilizado é o **agregado reciclado**, obtido a partir de resíduos de construção e demolição. A produção de betão reciclado inclui diversas etapas, desde a recolha e separação dos resíduos, à trituração, peneiração e eventual remoção de impurezas, para garantir uma granulometria adequada e qualidade do produto final. Este processo permite a reutilização de materiais que, de outro modo, seriam destinados a aterros, contribuindo para a redução do desperdício e da necessidade de extração de recursos naturais [35].

A proporção de agregados reciclados a ser utilizada depende das exigências da aplicação. Para usos menos estruturais, como sub-bases de pavimentos, é possível empregar maiores quantidades de material reciclado. No entanto, em estruturas mais complexas, como edifícios e pontes, a dosagem deve ser cuidadosamente controlada para garantir os níveis de resistência e durabilidade requeridos [36]. Em termos técnicos, o betão reciclado geralmente apresenta maior porosidade e menor resistência mecânica em comparação ao betão convencional. No entanto, com o uso de aditivos como superplastificantes, redutores de água, sílica ativa, fibras de aço ou sintéticas, e através de técnicas como a pré-saturação dos agregados reciclados, a cura controlada e o ajuste da relação água/cimento, é possível obter um material com desempenho satisfatório para múltiplas aplicações [37].

As vantagens do betão ecoeficiente são significativas. A utilização de subprodutos industriais e resíduos de construção reduz a extração de matérias-primas e mitiga os impactos ambientais decorrentes da mineração e do transporte. Adicionalmente, promove-se a economia circular, reaproveitando materiais que, de outro modo, seriam descartados, o que contribui para a redução da quantidade de resíduos enviados para aterros e para a conservação de habitats naturais. A produção de betão reciclado consome, ainda, menos energia do que o betão convencional, reduzindo, assim, as emissões de gases de efeito estufa [38].

É importante destacar que, embora todo betão reciclado possa ser considerado ecoeficiente, o inverso nem sempre é verdadeiro. O conceito de **betão ecoeficiente** abrange práticas sustentáveis mais amplas, que incluem não apenas a utilização de agregados reciclados, mas também a substituição de componentes convencionais por materiais alternativos como os anteriormente referidos [31].

Em suma, o betão eco eficiente representa uma solução promissora para a construção sustentável, conciliando desempenho técnico com responsabilidade ambiental, e alinhando-se com os princípios da economia circular e da mitigação dos impactes ambientais da indústria da construção [37].

4.1.2 Madeira Estrutural

As estruturas de madeira têm uma longa história na construção civil e continuam a ser uma escolha popular devido às suas características únicas e ao seu apelo sustentável [39].

A madeira estrutural, é um sistema construtivo, que utilizam madeira como elemento principal. Pode ser aplicada em diversos tipos de construção, desde pequenas casas e edifícios residenciais, a edifícios de médio porte, como escolas, pontes e até mesmo arranha-céus. Existem diferentes tipos de madeira que podem ser usados para estruturas [39].

Cada tipo possui características específicas que influenciam a sua aplicação. A madeira laminada colada, por exemplo, é constituída por camadas de madeira unidas com adesivo e oferece alta resistência à flexão, sendo adequada para grandes vãos. Já a madeira laminada cruzada consiste em camadas de madeira dispostas em direções perpendiculares, o que a torna ideal para painéis estruturais em paredes e lajes, permitindo a construção de estruturas mais altas e resistentes [39].

Na construção civil, a madeira pode ser utilizada em três tipos de sistemas estruturais. Os sistemas de postes e vigas, sistemas de painéis e sistemas de construção modular. Cada um desses sistemas possui vantagens específicas e diferentes aplicações [40].

No sistema de postes e vigas, são utilizados postes verticais e vigas horizontais de madeira para criar uma estrutura de suporte, formando a base da construção. Esse é um dos métodos mais antigos de construção com madeira e permite que sejam criados espaços abertos sem paredes internas, o que oferece flexibilidade no design. É especialmente popular em construções residenciais e comerciais [40].

A madeira laminada cruzada é frequentemente usada em sistemas de painéis, onde grandes painéis de madeira são usados para construir paredes e lajes. Esse sistema é adequado para construções de vários andares, pois esta oferece alta resistência e rigidez. Costuma ser mais utilizado em edifícios residenciais, comerciais ou até mesmo em arranha-céus de madeira [39].

Este material é também amplamente utilizado em sistemas de construção modular, onde componentes de madeira pré-fabricados são montados fora do local e depois transportados para a construção. Esse método permite uma construção mais rápida e eficiente, reduzindo o tempo de obra e minimizando os resíduos [40].

As estruturas de madeira oferecem diversas vantagens ambientais, que contribuem para a sustentabilidade na construção civil. Um material de origem natural e renovável, que se destaca por ter uma pegada de carbono significativamente menor em comparação a outros materiais. Durante o crescimento, as árvores capturam dióxido de carbono da atmosfera, ajudando a reduzir os níveis de CO_2 [41]. Quando a madeira é utilizada na construção, esse carbono permanece armazenado, contribuindo para uma construção mais sustentável. A produção de madeira requer

menos energia em comparação com outros materiais. Sua extração, processamento e transporte, consomem menos energia, o que resulta numa menor emissão de gases de efeito estufa. Esse aspeto faz da madeira uma escolha vantajosa em termos de energia incorporada, especialmente quando extraída de florestas manejadas de forma sustentável [41].

Para garantir que a madeira utilizada nas construções é sustentável, é essencial que ela seja certificada por organizações como o FSC (Forest Stewardship Council) ou o PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification), que garantem o manejo responsável das florestas. Em locais onde não há fiscalização adequada, a extração de madeira pode ter consequências ambientais graves [42]. A madeira certificada vem de florestas onde o corte de árvores é planeado para garantir a regeneração natural ou através de replantio, minimizando o impacto ambiental. É extraída legalmente, respeitando as leis locais e internacionais que regulam a exploração florestal. Rastreia a origem e processo da madeira, desde a floresta até o produto final, garantindo que o consumidor possa ter confiança na origem do material [42] [40].

Essas certificações garantem que o processo de extração da madeira minimize os impactos ambientais e promova o reflorestamento, além de respeitar os direitos das comunidades locais e trabalhadores florestais [42].

Além disso, é biodegradável, o que significa que, no fim da vida útil de uma estrutura, a madeira pode ser decomposta naturalmente ou reciclada para novos produtos. A reciclagem requer uma triagem adequada para separar materiais tratáveis dos não-tratáveis, o que pode ser complexo [42].

Outro ponto, é que em construções modulares e pré-fabricadas, permite uma construção mais precisa, gerando menos resíduos no local. Pode ser cortada e preparada com antecedência, o que reduz as sobras e facilita o gerenciamento de resíduos [40].

Além disso, esse material possui boas propriedades de isolamento térmico, o que significa que contribui para construções energeticamente mais eficientes. Uma estrutura em madeira permite reduzir o uso de sistemas de aquecimento e arrefecimento, o que resulta numa menor demanda de energia durante a vida útil do edifício [39].

Quando exposta à umidade e às intempéries, a madeira é suscetível a pragas, fungos e ao apodrecimento. Esse fator pode comprometer a durabilidade da estrutura e exigir tratamentos e manutenção constantes para preservar a integridade do material. Os tratamentos químicos que aumentam a resistência da madeira podem ter um impacto ambiental negativo, caso não sejam realizados com produtos de baixa toxicidade e ambientalmente seguros [39].

Em regiões onde a madeira precisa ser transportada por longas distâncias, como para áreas urbanas que estão distantes das florestas, o transporte pode aumentar a pegada de carbono da construção. A sustentabilidade depende também da proximidade

entre os locais de extração e os locais de construção, pois o transporte emite gases poluentes e aumenta o custo ambiental do material [41].

No geral, apresenta-se como um material com grande potencial para promover a sustentabilidade. Com baixa pegada de carbono, propriedades isolantes, e sendo um recurso renovável, as estruturas de madeira são uma excelente alternativa para reduzir o impacto ambiental das construções. No entanto, para que a madeira seja uma escolha realmente sustentável, é fundamental que seja proveniente de fontes responsáveis e que os desafios, como durabilidade, resistência ao fogo e gestão de resíduos, sejam abordados [41].

4.1.3 Aço Reciclado

As estruturas de aço reciclado são sistemas construtivos que utilizam aço obtido a partir da reciclagem de sucata metálica, como restos de construção e demolição, equipamentos e veículos. Esse tipo de aço passa por processos de fusão e refinamento para se tornar um material pronto para uso na construção de edifícios, pontes, túneis e outras obras de engenharia civil [43]. O aço é altamente reciclável, podendo ser reutilizado inúmeras vezes sem perder suas propriedades mecânicas, como resistência e durabilidade. Na indústria de construção civil, o uso de aço reciclado permite economizar recursos naturais, além de reduzir significativamente o consumo de energia no processo de produção [43].

Este material, compõe estruturas versáteis que podem ser aplicadas em uma ampla variedade de projetos, tanto em construções residenciais quanto em edifícios comerciais e industriais [44]. Em edifícios de médio e grande porte, as molduras de aço reciclado são amplamente utilizadas para criar a estrutura principal do edifício, composta por pilares, vigas e treliças. A moldura metálica é essencial para suportar cargas e permitir vãos largos, especialmente em edifícios altos ou projetos industriais [44].

Oferece grande flexibilidade no design arquitetónico e estrutural, permitindo que arquitetos e engenheiros explorem formas inovadoras e eficientes. Essa adaptabilidade facilita a criação de espaços modulares e expansíveis, que podem ser ajustados conforme necessário ao longo da vida útil do edifício [43].

Em projetos de renovação e reforço de edifícios, é uma excelente escolha para reforçar estruturas existentes, aumentando a resistência e prolongando a vida útil das construções. Ele pode ser usado em combinação com outros materiais para aumentar a estabilidade e a segurança estrutural [43].

Também é utilizado em fundações e em suportes para pontes, viadutos e outros tipos de infraestrutura. Sua resistência permite que suporte grandes cargas e seja adaptado para diferentes tipos de terreno e condições ambientais [45].

Visto que é produzido a partir de sucata metálica, ele contribui para a conservação dos recursos naturais, especialmente o minério de ferro e o carvão. Esses materiais são necessários para a produção de aço virgem e a sua extração gera impactos

significativos no meio ambiente, como desmatamento, contaminação de rios e emissões de poluentes [46]. A produção deste material consome menos energia em comparação com o aço virgem, pois o processo de fusão da sucata é mais eficiente [46].

Com isso, seu uso, pode reduzir significativamente as emissões de CO_2 e outros gases de efeito estufa, que contribuem para as mudanças climáticas [45]. Podemos dizer que o aço é um material infinitamente reciclável, o que significa que pode ser reutilizado sem perda de qualidade, facilitando o ciclo de vida circular deste. Quando um edifício que utiliza aço reciclado chega ao fim de sua vida útil, o aço pode ser facilmente removido e reciclado para novos usos, evitando o descarte em aterros e a necessidade de extração de novos recursos [43]. Após sua reciclagem, mantém as propriedades do aço virgem, incluindo resistência e durabilidade, tornando-o adequado para estruturas que precisam suportar cargas elevadas e condições ambientais adversas. Isso contribui para a longevidade das construções, reduzindo a necessidade de substituição e manutenção frequente [43].

Também vale ressaltar que este material precisa de revestimentos protetores para evitar sua corrosão [45].

Concluindo, a utilização de aço reciclado possibilita a criação de construções duráveis, flexíveis e adaptáveis, com benefícios econômicos e ambientais que respondem às exigências da sustentabilidade, entretanto, ainda têm desafios significativos, no processo de reciclagem, emissão de poluentes e necessidades de manutenção [43].

4.1.4 Síntese comparativa dos materiais estruturais

A seguir, está uma tabela comparativa entre os materiais estruturais estudados segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.1 – Tabela de síntese dos materiais estruturais estudados

Fator	Betão Eco Eficiente	Madeira Estrutural	Aço Reciclado
Sustentabilidade	Reduz impacto ambiental e a extração de novos recursos	Material renovável e captura CO_2	Reutiliza aço existente, reduz mineração
Durabilidade	Boa resistência e durabilidade	Boa durabilidade se bem tratada	Extremamente durável e resistente
Custo	Custo variável, dependendo dos materiais usados	Pode ser competitivo, mas depende da disponibilidade	Reciclagem reduz custos comparado ao aço novo

(a) **(b)** **(c)**

Figura 4.1– Materiais de betão eco eficiente (a), pórticos de madeira estrutural (b) e aço em estoque para reciclagem (c)

4.2 Alvenarias

4.2.1 Blocos de Betão Autoclavado

O betão celular autoclavado, é um material leve e pré-fabricado utilizado na construção civil, destacando-se pelo seu elevado desempenho térmico, acústico e pela leveza. Ideal para ser adotado em projetos de habitação, edifícios públicos e construções com preocupações ambientais [47].

Este material é constituído normalmente por uma mistura de cimento, cal virgem, areia de quartzo fina, água e um pequeno teor de pó de alumínio, que atua como agente expansor. Durante o processo de fabrico, a reação entre o alumínio e a cal em meio aquoso liberta gás hidrogénio, formando microbolhas que criam uma estrutura celular porosa e uniforme. Após essa expansão, os blocos são submetidos à cura em autoclave — uma câmara de alta pressão e temperatura — o que lhes confere resistência e estabilidade dimensional com um ciclo de produção rápido e controlado [47].

Sua aplicação em obra apresenta inúmeras vantagens práticas. Os blocos são leves e fáceis de manusear, permitindo a sua colocação com argamassa colante fina, o que acelera significativamente o processo construtivo. Além disso, os blocos podem ser cortados com ferramentas manuais simples, como serras, o que facilita ajustes e reduz perdas no canteiro [48]. São utilizados tanto em paredes de vedação internas e externas como em divisórias, podendo inclusive integrar sistemas estruturais ligeiros quando devidamente dimensionados.

Do ponto de vista ambiental e sustentável, o betão celular autoclavado apresenta diversos benefícios. A sua elevada capacidade de isolamento térmico contribui diretamente para a eficiência energética dos edifícios, reduzindo a necessidade de aquecimento e arrefecimento artificial [48]. A produção do AAC envolve um menor consumo de matérias-primas em comparação com o betão tradicional e, devido à leveza do material, reduz-se também o impacto ambiental relacionado com o transporte e com o dimensionamento das fundações [48] [49].

Adicionalmente, a sua durabilidade, facilidade de reciclagem e o reduzido desperdício na obra fazem deste bloco uma solução atrativa no contexto da construção sustentável. Contudo, como qualquer material apresenta algumas limitações [50]. O seu comportamento em ambientes húmidos requer atenção especial, sendo necessária a aplicação de impermeabilizações adequadas em zonas de contacto com a água ou expostas à intempérie [49].

4.2.2 Tijolo Cerâmico Térmico

O tijolo cerâmico térmico é concebido com o objetivo de melhorar o desempenho térmico e acústico das construções, sem comprometer a resistência mecânica ou a durabilidade das paredes [51]. Sua principal característica está na presença de cavidades internas longitudinais — chamadas alvéolos — que aumentam a resistência à transmissão térmica e reduzem o peso da unidade [52].

Este tipo de tijolo é fabricado a partir de argila natural, misturada com água e, por vezes, aditivos minerais, ou resíduos cerâmicos reciclados [53]. O processo produtivo segue quatro etapas principais: extração e preparação da argila, moldagem por extrusão, secagem controlada em estufas e, por fim, a cozedura em fornos industriais. Essa queima estabiliza os minerais presentes e confere ao material suas propriedades definitivas: alta resistência mecânica, estabilidade dimensional, durabilidade e baixa condutividade térmica [53].

Na prática construtiva, os tijolos cerâmicos térmicos são aplicados principalmente em paredes exteriores de vedação e em divisórias internas. O assentamento pode ser feito com argamassa tradicional ou com argamassa-cola, especialmente em sistemas de alvenaria racionalizada, onde se busca uma execução mais limpa e rápida [54]. A aplicação dos tijolos exige precisão no nivelamento e alinhamento, pois as juntas finas não toleram grandes variações dimensionais. Após a montagem da alvenaria, é comum a aplicação de reboco ou outro tipo de revestimento que assegure a estanquidade e o acabamento estético da parede [54].

Do ponto de vista da sustentabilidade, o tijolo cerâmico térmico apresenta vantagens relevantes para projetos que priorizam o desempenho ambiental e energético. O sistema de alvéolos internos reduz a transferência de calor entre o exterior e o interior da edificação, contribuindo significativamente para o conforto térmico dos ambientes e para a redução do consumo de energia com climatização. Trata-se, portanto, de uma solução passiva de isolamento térmico, que atua sem necessidade de materiais sintéticos adicionais [54].

Embora o processo de cozedura consuma energia e libere CO_2, a energia incorporada ao tijolo cerâmico térmico é relativamente baixa se considerada a longa vida útil do produto. Esses blocos são amplamente utilizados tanto em construções novas como em reabilitações. Dessa forma, o tijolo cerâmico térmico representa uma alternativa viável, eficiente e sustentável para a construção civil atual [55].

4.2.3 Blocos de Terra Compactada

Os Blocos de Terra Compactada, são elementos construtivos produzidos com solo natural, compactado mecanicamente dentro de moldes para formar unidades sólidas e resistentes. Este tipo de material representa uma solução sustentável na construção, devido ao seu baixo impacto ambiental, uso de recursos locais e alto desempenho térmico [56]. A tecnologia é uma modernização das técnicas ancestrais de construção em terra, como o adobe e a taipa, adaptando-as às exigências estruturais e de durabilidade da arquitetura atual [56].

Os blocos são fabricados principalmente a partir de uma mistura de terra crua com adequada proporção de argila, silte e areia, podendo incluir, em alguns casos, adições estabilizantes como cimento, cal ou até mesmo materiais mais sustentáveis como cinzas de casca de arroz, cinzas de carvão entre outros [57]. O processo de produção envolve a seleção e preparação do solo, peneiramento, umidificação controlada, mistura e, finalmente, a compactação mecânica utilizando prensas manuais ou hidráulicas. Após a compactação, os blocos passam por uma fase de cura natural à sombra, permitindo o ganho de resistência sem necessidade de cozedura, o que reduz significativamente o consumo energético. [58]

Na aplicação em obra, estes blocos são utilizados em sistemas de alvenaria estrutural ou de vedação. Podem ser assentados com argamassa de terra, cimento-cal ou cola,

dependendo do tipo de projeto e da exposição ambiental. [59] A precisão dimensional dos blocos permite o uso de juntas finas, reduzindo o consumo de argamassa e facilitando o alinhamento das paredes. Para proteger a alvenaria da água, é comum o uso de beirais largos, embasamentos impermeabilizados e rebocos hidrofugantes, garantindo maior durabilidade ao sistema. [60]

Do ponto de vista sustentável, os blocos de terra compactada apresentam uma série de benefícios. Em primeiro lugar, utilizam solo disponível localmente, o que diminui drasticamente os custos de transporte e a pegada de carbono da construção [61]. Além disso, por não passarem por processos de queima, a energia incorporada é extremamente baixa quando comparada a tijolos cerâmicos ou blocos de concreto. Outro ponto relevante é a possibilidade de reutilização: os blocos podem ser quebrados e reintegrados ao solo ou reaproveitados como matéria-prima em novas peças, promovendo um ciclo de vida circular [61]. Sua massa térmica elevada permite o armazenamento e a liberação gradual de calor, regulando a temperatura interna das construções e reduzindo a necessidade de aquecimento ou arrefecimento artificial. Esse comportamento térmico passivo torna os blocos ideais para construções em climas quentes ou de grande amplitude térmica [62]. Sua simplicidade produtiva, desempenho térmico e baixo impacto ambiental os tornam uma opção em contextos urbanos e rurais, dentro de um paradigma construtivo mais consciente e resiliente [62].

4.2.4 Síntese comparativa das Alvenarias

A seguir, está uma tabela comparativa entre as alvenarias estudadas segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.2 – Tabela de síntese dos tipos de alvenaria estudados

Fator	Betão Autoclavado	Tijolo Cerâmico Térmico	Blocos de Terra Compactada
Sustentabilidade	Alta – boa eficiência energética, baixo peso, reciclável, menor consumo de recursos	Média – bom isolamento térmico, longa vida útil, mas com queima que consome energia	Muito alta – uso de solo local, sem cozedura, reciclável, energia incorporada baixa
Durabilidade	Alta – resistente ao fogo e estável após cura em autoclave	Alta – resistente e estável após cozedura	Média – exige proteção contra umidade, mas é resiste
Custo	Médio-alto	Médio	Baixo (sobretudo local)

(a)

(b)

(c)

Figura 4.2– Materiais de betão autoclavado (a), tijolo cerâmico térmico (b) e blocos de terra compactada (c)

4.3 Caixilharia

Caixilharia são elementos estruturais que formam o contorno de janelas, portas e fachadas, conectando ambientes internos e externos em construções. Elas desempenham um papel crucial em isolamento térmico, acústico e na proteção contra intempéries, influenciando tanto a eficiência energética quanto o conforto dos edifícios [63].

A escolha de materiais sustentáveis para caixilharias é essencial para reduzir o impacto ambiental da construção civil. Materiais como madeira certificada, alumínio reciclado e PVC ecológico são opções sustentáveis que contribuem para a eficiência energética ao oferecer melhores níveis de isolamento, reduzindo a necessidade de

aquecimento ou resfriamento artificial. Caixilharias sustentáveis também tendem a ter maior durabilidade e menor manutenção, prolongando sua vida útil e reduzindo resíduos e custos a longo prazo [63].

4.3.1 Madeira certificada

A madeira certificada utilizada em caixilharias é proveniente de florestas manejadas de forma sustentável, seguindo padrões estabelecidos por certificações como o Forest Stewardship Council (FSC) e o Programa para o Reconhecimento da Certificação Florestal (PEFC) assim como a madeira estrutural seguindo informações existentes no subcapítulo 4.1.2. [64].

Como sabemos, madeira é um excelente isolante térmico natural, com baixa condutividade em comparação a outros materiais. Essa característica reduz a troca de calor entre o interior e o exterior dos edifícios, contribuindo para um menor uso de sistemas térmicos elétricos [65]. Além disso, a madeira tem propriedades de absorção acústica, proporcionando um ambiente interno mais silencioso e confortável. A produção de caixilharias em madeira certificada possui uma menor energia incorporada em relação a outros materiais devido ao processo de extração e produção menos intensivo em energia e menos poluente [65].

Além da parte ecológica, ao pensarmos na parte estética, a madeira confere um acabamento natural e esteticamente agradável, que pode se adaptar a diferentes estilos arquitetónicos. Sua versatilidade permite ajustes em designs personalizados, uma característica altamente valorizada em projetos de arquitetura de interiores e exteriores. [65].

É suscetível a condições climáticas extremas, podendo sofrer danos devido à exposição prolongada à umidade e à luz solar direta [65]. Em relação a durabilidade, se for adequadamente tratada, tem grande resistência às intempéries, especialmente quando são usadas técnicas modernas de acabamento e tratamento, podendo ter uma longa vida útil, mantendo suas propriedades estéticas e funcionais. Portanto, as caixilharias de madeira necessitam de manutenção periódica, como pintura e aplicação de verniz, para garantir a durabilidade [65].

Também pode ter um custo inicial mais elevado em comparação a outras opções de caixilharias. No entanto, esse custo tende a ser compensado pela eficiência energética e pelo valor agregado à estética e conforto do ambiente [66].

Esse material está em conformidade com normas de construção sustentável, edifícios que buscam certificações de sustentabilidade, ter o uso de materiais certificados e ambientalmente responsáveis é um requisito importante. A escolha de madeira certificada alinha o projeto com essas exigências, facilitando a obtenção das certificações desejadas [65] [66].

4.3.2 Alumínio reciclado

Componentes estruturais feitos de alumínio reciclado, comumente usados em portas, janelas, divisórias e fachadas de edificações. Essas estruturas aproveitam as características do alumínio, como durabilidade, leveza, resistência à corrosão e alta reciclabilidade, sendo cada vez mais utilizadas em projetos arquitetónicos que priorizam a sustentabilidade. Um material de grande valor em projetos sustentáveis, pois pode ser reciclado infinitamente sem perder suas propriedades [67].

As caixilharias de alumínio reciclável são feitas a partir de alumínio que já passou por ciclos de uso e foi recuperado para nova utilização. Em vez de extrair e processar alumínio novo, que consome grandes quantidades de energia, o alumínio reciclado é derretido e moldado novamente, o que reduz substancialmente a demanda energética e a emissão de gases poluentes [68] Sua aplicação vai além do aspeto funcional, pois elas também têm importância estética e ajudam a otimizar a iluminação e a ventilação natural dos ambientes. [67]. O processo de produção das caixilharias de alumínio reciclável envolve várias etapas, são elas:

Coleta e Triagem: Coleta do material feita em pontos de reciclagem, que podem incluir latas, restos de construções, componentes automotivos, entre outros. Este passa por uma triagem para remover impurezas e separar os diferentes tipos de alumínio [67].

Fusão e Purificação: Após a triagem, é fundido em fornos de alta temperatura. Nessa etapa, ocorrem processos de purificação para remover elementos indesejados, mantendo a pureza e a qualidade do alumínio que será usado na produção das caixilharias [68].

Moldagem e Extrusão: O alumínio fundido é moldado em formas específicas através do processo de extrusão, no qual ele é empurrado através de uma matriz que dá a forma desejada para as peças de caixilharias. Esse processo permite criar perfis com diferentes espessuras e formatos, ideais para diferentes tipos de caixilharias [67] [69].

Acabamento: Para que as caixilharias fiquem esteticamente atraentes e mais resistentes, podem ser aplicados acabamentos de pintura ou anodização. Esses processos protegem o alumínio da corrosão e aumentam sua durabilidade, além de permitir variações de cor e textura. [67].

Montagem e Instalação: Após o acabamento, as peças finais são montadas e preparadas para a instalação nos locais definidos no projeto arquitetónico [68].

Esse processo é mais econômico e sustentável do que a produção de alumínio a partir da bauxita, mineral do qual o alumínio é extraído, visto que esta, requer grandes quantidades de energia [68] [67] [69].

Por sua durabilidade e estética, o uso destes pode valorizar imóveis e atrair investimentos em construções sustentáveis, além de contribuir para o desenvolvimento da economia circular. Além disso, necessitam de pouca

manutenção, o que contribui para a redução do consumo de produtos químicos e água usados na limpeza e manutenção [67].

Atualmente, ainda enfrentamos alguns contras em relação a utilização do alumínio reciclado. Embora esse processo seja menos poluente que o da extração, ele ainda gera emissões de poluentes atmosféricos visto que a fusão do alumínio requer altas temperaturas [68]. Quando essa energia provém de combustíveis fósseis, pode gerar impacto ambiental, por isso, optar por fontes renováveis para essa etapa é um desafio importante para reduzir a pegada de carbono [68].

Sua coleta, transporte e triagem, exigem uma infraestrutura de logística eficiente, especialmente se o alumínio reciclável for transportado por longas distâncias. Essa logística também implica custos econômicos e ambientais que precisam ser otimizados [68].

Por fim, reduzem a dependência da mineração e o consumo energético e colaboram para uma construção mais responsável ambientalmente. No entanto, é essencial que o processo de reciclagem seja constantemente aprimorado para reduzir as emissões e o impacto no meio ambiente [67].

4.3.3 PVC ecológico

Uma alternativa sustentável ao PVC convencional, largamente utilizado na construção civil para fabricar caixilharias de janelas, portas e fachadas [70]. Esse material é amplamente escolhido por suas propriedades de resistência e isolamento térmico e acústico, essenciais para o conforto dos ambientes. No entanto, o PVC tradicional é produzido a partir de polímeros de cloreto de vinila, um derivado do petróleo, e contém aditivos químicos que podem prejudicar o meio ambiente e a saúde humana ao longo do tempo [70].

Por isso, o PVC ecológico surgiu como uma opção que visa minimizar os impactos ambientais negativos desse material. Ele é projetado com um processo de fabricação menos poluente e com uma composição que utiliza menos aditivos nocivos, como metais pesados, substituídos por compostos menos agressivos. Além disso, o PVC ecológico frequentemente incorpora materiais reciclados, reduzindo a necessidade de extração de novos recursos e promovendo uma economia circular [70].

A produção de PVC convencional é intensiva em energia e resulta em emissões significativas de gases de efeito estufa (GEE). Além disso, o processo de criação de polímeros do cloreto de vinila gera subprodutos tóxicos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde. No PVC ecológico, a fabricação é mais eficiente, minimizando essas emissões e o uso de recursos não renováveis [70].

Uma característica importante é que o ecológico pode ser fabricado com restos de PVC pós-industrial e pós-consumo, que seriam descartados como resíduos. Esse reaproveitamento de materiais não apenas reduz o volume de lixo, mas também diminui a demanda por petróleo e outros recursos naturais necessários para produzir o polímero do PVC [71].

O PVC ecológico são menos suscetíveis a danos por umidade, intempéries e mudanças climáticas, o que diminui a necessidade de substituições frequentes e, consequentemente, a geração de resíduos [72]. Uma das maiores vantagens é sua excelente capacidade de isolamento térmico e acústico. Esse material ajuda a manter a temperatura interna dos ambientes estável. Em regiões com variações climáticas significativas, como em Portugal, o uso de caixilharias com bom isolamento pode reduzir substancialmente o consumo de energia elétrica, promovendo maior eficiência energética [72].

É reciclável, o que significa que ao final de sua vida útil ele pode ser reprocessado para dar origem a novas caixilharias ou a outros produtos plásticos. Isso é essencial para promover a economia circular, onde o material é reaproveitado em vez de descartado. Em muitos casos, é utilizado na fabricação de novos perfis de PVC para caixilharias, sem perda significativa de propriedades mecânicas, contribuindo para a redução de resíduos sólidos [73].

Um diferencial importante deste material, é o uso de aditivos menos agressivos na sua composição [70]. Tradicionalmente, metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio são utilizados para estabilizar e fortalecer o PVC tradicional, mas eles têm grande potencial de contaminação ambiental [70]. No ecológico, esses metais são substituídos por alternativas menos prejudiciais, como cálcio e zinco, que mantêm as propriedades mecânicas do material sem os riscos de toxicidade [70]. Seu uso pode ser um diferencial positivo em projetos que buscam certificações ambientais, como LEED ou BREEAM [73].

Concluindo, o PVC ecológico para caixilharias representa uma alternativa mais sustentável ao convencional, alinhando durabilidade e eficiência energética com um menor impacto ambiental. Esse material contribui para o desenvolvimento de edificações mais verdes, com menos consumo de energia, menor emissão de carbono e redução de resíduos. Além de suas propriedades de isolamento e resistência, reforça a economia circular ao permitir a reciclagem e reutilização de suas estruturas [73].

4.3.4 Síntese comparativa dos materiais de caixilharia

A seguir, está uma tabela comparativa entre os materiais de caixilharia segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.3 – Tabela de síntese dos materiais de caixilharia estudados

Fator	Madeira Certificada	Alumínio Reciclado	PVC Ecológico	Vidros Duplos
Sustentabilidade	Recurso renovável, proveniente de florestas geridas de forma sustentável	Reduz extração de bauxita e consumo energético na produção	Menor impacto ambiental que o PVC convencional, mas ainda derivado de petróleo	Reduz consumo energético com isolamento térmico eficiente
Durabilidade	Exige manutenção adequada para resistir à humidade e pragas	Resistente à corrosão e intempéries	Resistente a humidade e pragas, mas pode degradar-se com tempo	Resistente e mantém propriedades isolantes por décadas
Custo	Preço varia conforme o tipo de madeira e certificação	Mais barato que alumínio virgem, mas ainda relativamente caro	Geralmente mais acessível do que madeira e alumínio	Investimento inicial mais alto, mas retorno em eficiência energética

(a) **(b)** **(c)**

Figura 4.3 – Madeiras certificadas em estoque (a), alumínios para iniciar a reciclagem (b), tubos em PVC ecológico (c)

4.3.5 Vidros

4.3.5.1 Duplos

Muito utilizados nos projetos em portas janelas e fachadas, os vidros duplos são constituídos por camadas de dois painéis de vidro, que são separados por um espaçador, geralmente preenchido com ar desidratado ou gás inerte, os quais possuem propriedades de isolamento superiores, auxiliando na redução da transferência de calor e som através da janela [74]. Esse sistema, mantém o calor dentro dos edifícios durante o inverno e bloqueia o calor externo durante o verão. Os espaçadores modernos entre os vidros são projetados para minimizar a condução térmica, evitando a formação de pontes térmicas e, assim, reduzindo a condensação nas janelas [74]. A estrutura deste oferece uma barreira eficaz contra o som, tornando-o ideal para áreas urbanas ou locais com altos níveis de ruído externo [74].

Os vidros duplos de alta eficiência térmica são fundamentais para reduzir a perda de calor no inverno e minimizar a entrada de calor no verão. Isso contribui significativamente para a redução da necessidade de aquecimento e ar condicionado, resultando em menor consumo de energia [75]. Proporcionam uma temperatura interna mais estável e confortável, independentemente das condições climáticas externas. Isso melhora a habitabilidade dos espaços, tornando-os mais agradáveis e eficiente [76]. A qualidade do ar interior, acaba por se tornar melhor, viso que a camada de ar e o espaçador térmico reduzem a probabilidade de condensação no interior das janelas, evitando problemas como mofo e danos estruturais causados pela umidade [76].

Quando optamos pelo vidro duplo, temos para além deste material, um revestimento para ser aplicado em um dos vidros. O Low-E (Low Emissivity), é uma pelicula que reflete o calor de volta para dentro do edifício, minimizando a perda de calor e aumentando a eficiência energética, através de uma fina camada metálica aplicada à superfície do vidro para melhorar suas propriedades de isolamento térmico, interferindo assim, na capacidade do vidro de refletir a radiação térmica em vez de absorvê-la e retransmiti-la [77]. Embora o revestimento seja altamente eficaz na reflexão da radiação térmica, ele permite que a luz visível passe quase sem impedimentos, garantindo que os ambientes internos permaneçam bem iluminados naturalmente [77].

Em resumo, o revestimento Low-E contribui significativamente para a redução da perda de calor durante o inverno e minimiza o ganho de calor no verão, resultando uma boa qualidade de eficiência energética dos edifícios. Para além da parte sustentável, esse revestimento também bloqueia uma parte significativa dos raios ultravioleta (UV), ajudando a proteger móveis, pisos e outros interiores contra o desbotamento e degradação [78].

Embora o custo inicial dos vidros duplos seja mais elevado em comparação com os vidros simples, a economia de energia e os benefícios a longo prazo justificam o investimento, especialmente em edifícios que visam a sustentabilidade, e

futuramente essas construções que incorporam soluções sustentáveis, tendem a ter maior valor de mercado, pois oferecem maior conforto e menores custos operacionais [75] [76].

4.3.5.2 Triplos

Os vidros triplos, são compostos por três lâminas de vidro separadas por duas câmaras de ar ou de gás inerte, que atuam como isolantes térmicos e acústicos. Esta configuração proporciona um elevado desempenho em termos de conforto ambiental, isolamento e eficiência energética. [79] [80]

No que diz respeito à sustentabilidade, o vidro triplo apresenta vantagens claras a médio e longo prazo. Apesar de a sua produção implicar um maior consumo de materiais e energia, devido ao número adicional de lâminas de vidro, esse impacto inicial é compensado pela poupança energética obtida durante a sua vida útil. A redução das emissões de gases com efeito de estufa associadas à climatização dos edifícios torna esse material uma solução mais sustentável no contexto da construção eficiente. [80]

Contudo, é importante considerar que o vidro triplo tem maior peso do que os sistemas de envidraçamento simples ou duplos, o que pode requerer reforço na caixilharia e um transporte mais cuidadoso. Além disso, o seu custo inicial é mais elevado, o que pode ser um fator limitante em algumas situações de reabilitação ou em projetos com orçamentos mais restritos. [79]

4.3.6 Síntese comparativa dos tipos de vidros

A seguir, está uma tabela comparativa entre os tipos de vidros apresentados acima:

Tabela 4.4 – Tabela de síntese dos vidros estudados

Característica	Vidro Duplo	Vidro Triplo
Número de Lâminas	2	3
Isolamento Térmico	Bom	Muito bom (até 50% melhor)
Isolamento Acústico	Bom	Superior, ideal para ambientes ruidosos
Eficiência Energética	Reduz consumo, mas continuar com algumas perdas	Maior eficiência, menor consumo energético
Peso	Moderado	Mais pesado, exige caixilharia reforçada
Custo	Mais acessível	Mais caro
Sustentabilidade	Boa, mas com menos impacto ao longo do tempo	Melhor desempenho ambiental a longo prazo

4.4 Soluções de fachadas

4.4.1 Sistemas ETICS

As fachadas ETICS (em português, Sistemas de Isolamento Térmico pelo Exterior) são uma solução construtiva aplicada nas superfícies externas dos edifícios, composta por várias camadas de materiais [81]. Tem como objetivo, melhorar o desempenho térmico da construção, reduzindo a transferência de calor entre o ambiente interno e o externo, o que contribui para a eficiência energética e o conforto térmico [81]. Esse sistema é constituído, geralmente, por camadas, como podemos ver na imagem abaixo:

Figura 4.4 – Pormenor do sistema ETICS

Os materiais variam entre densidade, permeabilidade, peso, preço, pegada de carbono, reciclabilidade entre outros fatores de análise. Os que são mais comumente utilizados, são: poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudido (XPS), lã de rocha e cortiça [82].

No presente trabalho, teremos como escolha de camada de isolamento a cortiça, visto que é um material de baixo impacto ambiental, e muito popular no país.

Portugal é considerado o maior produtor mundial de cortiça, possuindo um terço de área global de sobreiros. O sobreiro, é a árvore da qual a cortiça é retirada. Durante a extração, não é preciso que seja derrubada, utiliza-se a regeneração de sua casca, garantindo assim, continuidade do ciclo de vida da espécie [83]. Um dos pontos positivos, é que ao utilizarmos cortiça nos projetos regionais, a pegada de carbono se torna mais baixa, devido a redução do transporte de longa distância [83].

O aglomerado de cortiça é reciclável e pode ser reutilizada em outros produtos no final de sua vida útil [83].

A sua aplicação nas fachadas exteriores, é através dos painéis derivados desse aglomerado, podendo ser ajustado dependendo da necessidade de cada obra. Esses painéis criam um sistema de aplicação contínuo [83].

Na questão da durabilidade do material presente, excede aos 50 anos sem perdas de propriedade. É um material auto extinguível, tem permeabilidade ao vapor, o que permite a transpiração das paredes, evitando problemas de condensação e humidade [83].

A estrutura de uma fachada ETICS, e sua preparação, é essencial para o desempenho final, por isso é importante que os passos de montagem sejam seguidos corretamente em cada etapa [84].

O primeiro passo para iniciar a instalação das fachadas com isolamento externo, é realizar a preparação da superfície, garantindo que esteja limpa, seca e livre de imperfeições [84].

Feito isso, podemos realizar a aplicação da camada de colagem, momento em que uma argamassa adesiva é aplicada na parede, para que posteriormente os painéis de cortiça sejam fixados [84].

Logo após então temos a instalação dos painéis, que são colados à fachada de forma contínua, sem interrupções, garantindo a eliminação de pontes térmicas [84].

A seguir continuamos com aplicação da camada de reforço, que é feita após a fixação dos painéis, aplicação de uma camada fina de argamassa com uma rede de fibra de vidro, que reforça todo o sistema [84].

Finalmente, o acabamento final, etapa em que se aplica o reboco decorativo ou a tinta, que confere proteção adicional e a estética desejada [84].

A aparência final da fachada fica esteticamente bem acabada, sendo impercetível a deteção de todas as camadas existentes por trás, e o interior do edifício fica resguardado das interferências térmicas e acústicas vindas do exterior, o que é uma solução sustentável ao ponto de vista que os moradores irão utilizar menos os sistemas elétricos de aquecimento/arrefecimento. [84] [83].

4.4.2 Fachadas dinâmicas (Brises)

"Brise soleil", um termo de origem francesa que significa "quebra-sol" [85].

São dispositivos de sombreamento que podem ser utilizados em edifícios para garantia do conforto térmico em diferentes horas do dia ou meses do ano, já que estes são projetados para controlar a entrada de luz solar e calor nos ambientes [85].

Estes elementos arquitetónicos são aplicados nas fachadas para barrar a luz solar direta, especialmente em regiões de clima quente (ou durante o auge do verão), ajudando a manter a temperatura interna mais amena [85].

Podem ser ajustados conforme a posição solar ao longo do dia e das estações, garantindo um controle dinâmico de luz e calor [85].

Com o uso de um brise móvel, é possível regular a temperatura interna do edifício sem o uso de sistemas de ar condicionado, porque ao mantê-lo aberto no inverno, permite maior aquecimento natural, enquanto no verão, ao fechá-lo, conseguimos manter o interior mais fresco, promovendo temperaturas mais agradáveis [85].

Existem algumas opções disponíveis no mercado, de diferentes materiais, que são adequados para cada projeto dependendo do objetivo a ser alcançado [85].

Os de madeira sustentáveis com certificação, tem como vantagem a não condução de calor do material, o que é um fator a ser priorizado para manter o conforto térmico do interior dos apartamentos [86]. Mesmo que a madeira sofra as intempéries, se for tratada adequadamente para área exterior, é uma opção duradoura e eficaz, além de que no fim de sua vida útil, pode ser reciclada no futuro caso haja a remoção da estrutura [87].

Também temos a opção de utilizar alumínio reciclado, que é um material leve, durável e resistente a corrosão. Uma desvantagem desse material é que o alumínio, por ser metal, tem uma alta condutividade de calor, o que não é um fator positivo ao se buscar o conforto térmico da edificação [85] [88].

Outra opção seria o uso de aço corten. Isso é vantajoso em relação a corrosão, o que torna esse elemento muito durável, mas ainda assim, comparado aos materiais acima, não seria a opção mais viável visando a sustentabilidade, visto que a produção de aço, incluindo o corten, exige grandes quantidades de energia e emite quantidades significativas de CO_2, o que o torna menos ecológico em termos de pegada de carbono inicial em comparação com a madeira e o alumínio reciclado [89]. Assim como o alumínio reciclado, também é um material com alta condutividade térmica [90].

Os brises móveis precisam ser montados em uma estrutura de suporte robusta. A estrutura deve ser capaz de suportar o peso do elemento e permitir o movimento (manual ou automatizado) [91]. Existem duas opções para utilização, os que podem ser ajustados manualmente, usando alavancas ou manivelas, para controlar o ângulo de sombreamento e os automatizados, que são sistemas motorizados, muitas vezes conectados a sensores de luz ou temperatura, permitem que os brises se ajustem automaticamente, otimizando o conforto térmico e a iluminação natural [91].

No processo de montagem, as peças são fixadas na estrutura através de trilhos, dobradiças ou sistemas rotativos, que permitem o movimento. A manutenção geralmente envolve a limpeza das lâminas e verificação periódica dos sistemas de movimento [91] [85].

Além de sua função técnica, são elementos arquitetónicos que podem dar um toque de sofisticação às fachadas dos edifícios. Eles podem ser desenhados para combinar com o estilo do prédio e o seu entorno, oferecendo flexibilidade visual [85].

4.4.3 Fachadas ventiladas

As fachadas ventiladas são sistemas de revestimento externo que criam uma câmara de ar entre a estrutura do edifício e o acabamento externo. Essa câmara permite a circulação de ar natural, promovendo um efeito de chaminé que melhora a ventilação e reduz as trocas térmicas entre o ambiente externo e interno da edificação [92]. O sistema é amplamente utilizado em construções sustentáveis, pois contribui para a redução do consumo energético ao diminuir a necessidade de climatização artificial. Ou seja, é uma solução arquitetónica que alia estética, desempenho térmico e eficiência energética [92].

A escolha dos materiais para essas fachadas, depende de fatores como custo, durabilidade, estética e desempenho térmico.

Dentre os materiais mais comuns, temos a cerâmica extrudida, que é resistente e de baixa manutenção, amplamente utilizada devido à sua durabilidade e variedade de acabamentos [93], Os painéis de fibrocimento, por serem leves, fáceis de instalar e

com boa performance térmica e acústica [93], também temos os compósitos metálicos, painéis de alumínio resistentes com acabamento sofisticado [93], a pedra natural, granito, mármore e ardósia conferem um aspeto elegante e durabilidade elevada, embora o peso seja uma desvantagem comparado aos outros materiais [94], o vidro, amplamente utilizado em projetos modernos, que permite alta luminosidade, mas exige um tratamento térmico adequado para não comprometer o conforto térmico interno [94], e por fim, a madeira tratada, utilizada por seu apelo estético e sustentabilidade, requer manutenção periódica para resistir a intempéries [94].

A instalação de uma fachada ventilada requer planejamento técnico e mão de obra especializada. O processo pode ser dividido nas seguintes etapas [92].

Primeiro precisamos fazer a preparação da superfície, onde a estrutura do edifício deve ser disposta para receber os perfis de suporte, garantindo nivelamento adequado [94]. Depois então, é realizada a instalação da subestrutura, que são os perfis metálicos fixados à fachada para servir de suporte para os painéis. Logo, a colocação do isolamento térmico, uma camada de material isolante, como lã mineral ou poliuretano, é aplicada para melhorar a eficiência energética. Posteriormente faz-se a fixação dos painéis, onde os revestimentos são instalados com fixadores mecânicos ou adesivos específicos, respeitando espaços para a circulação de ar. E por fim, o acabamento e vedação, que são pequenos ajustes feitos para garantir a estabilidade do sistema e seu desempenho adequado [95] [96].

O principal benefício das fachadas ventiladas é a redução do consumo de energia para climatização. A câmara de ar reduz a transferência de calor para o interior do edifício, diminuindo a carga térmica e melhorando o conforto térmico dos usuários [92].

Dependendo dos materiais utilizados, também contribuem para a redução de ruídos externos, tornando os ambientes internos mais silenciosos e agradáveis [92].

A proteção oferecida por esse sistema, aumenta a vida útil da estrutura ao reduzir a incidência de umidade e minimizar os impactos das variações climáticas sobre a estrutura do edifício. Além disso, muitos dos materiais utilizados exigem baixa manutenção [93].

Embora melhorem a eficiência energética dos edifícios, alguns materiais utilizados (como alumínio e compósitos metálicos) possuem um alto impacto ambiental devido ao processo de extração e fabricação, mas o uso de materiais recicláveis e certificados pode minimizar esse impacto [89].

As fachadas ventiladas são uma solução eficiente para construções sustentáveis, proporcionando economias energéticas, conforto térmico e acústico, além de contribuir para a durabilidade da edificação. O alto custo inicial e o impacto ambiental de alguns materiais são desafios que precisam ser mitigados com soluções inovadoras e planejamento adequado.

4.4.4 Síntese comparativa das soluções de fachadas

A seguir, está uma tabela comparativa entre as soluções de fachadas segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.5 – Tabela de síntese das soluções de fachada estudadas

Fator	Sistemas ETICS	Fachadas Dinâmicas (Brises)	Fachadas Ventiladas
Sustentabilidade	Melhora isolamento térmico, reduz consumo energético	Regula a entrada de luz e calor, reduzindo uso de climatização	Permite ventilação natural, reduz necessidade de ar condicionado
Durabilidade	Necessita manutenção regular para evitar fissuras	Materiais duráveis, resistentes a intempéries	Longa vida útil, resistente à humidade e variações térmicas
Custo	Solução acessível e eficiente	Investimento inicial alto, mas economia energética a longo prazo	Alto custo de instalação, mas reduz despesas com climatização

(a) **(b)** **(c)**

Figura 4.5 – Sistema ETICS (a), Brises-soleil (b) e fachada ventilada (c)

Nesse caso, adotou-se a integração de dois sistemas distintos para as fachadas: o sistema ETICS e os brises. Essa abordagem visa aumentar a eficiência do projeto, demonstrando que não é necessário optar por uma única técnica, mas sim combinar diferentes soluções para alcançar um resultado otimizado.

4.5 Soluções de climatização

4.5.1 Piso radiante

O sistema de piso radiante hidráulico, ao ser combinado com isolamento de cortiça, é uma solução de aquecimento altamente eficiente e sustentável para construções atuais. Esse sistema pode ser melhor do que os de aquecimento convencionais, devido à distribuição uniforme do calor. A instalação do piso radiante, proporciona um ambiente termicamente agradável, uma vez que o calor é distribuído de forma homogênea a partir do chão, evitando áreas frias e maximizando o conforto em espaços habitáveis [97] Por aquecer o ambiente de forma uniforme, reduz a circulação de poeira e alérgenos, melhorando ainda mais a qualidade do ar interior, tornando-se benéfico para pessoas com problemas respiratórios. Além disso, como o sistema é embutido no piso, não ocupa espaço nas paredes ou no ambiente, permitindo maior liberdade na arquitetura, decoração interior e disposição dos móveis [98].

O sistema de piso radiante hidráulico, é composto por tubulações instalados abaixo do piso, por onde circula a água aquecida [99].

A instalação deste, é mais prática em novas construções. O processo envolve a colocação das tubulações sobre uma camada de isolamento térmico, que neste caso, se trata do aglomerado de cortiça expandida, seguida por uma camada de argamassa ou betão, que servirá como base para o revestimento final do piso. É crucial que a instalação seja planejada desde o início do projeto para otimizar o desempenho e a eficiência do sistema [99].

Este sistema é compatível com fontes de energia renovável, como bombas de calor e painéis solares, contribuindo para a redução das emissões de carbono. Por ser embutido, ele possui uma vida útil longa e requer menos manutenção em comparação aos sistemas convencionais de aquecimento [99].

4.5.2 Sistemas de ar condicionado

Os sistemas de ar-condicionado são dispositivos que regulam a temperatura, a umidade e a qualidade do ar em um ambiente fechado. Eles operam com base no princípio da transferência de calor, retirando calor do interior e dissipando-o para o exterior (no caso do resfriamento) ou captando calor externo e transferindo-o para o interior (no caso do aquecimento) [100].

Os climatizadores modernos utilizam um ciclo termodinâmico baseado na compressão e expansão de um fluido refrigerante. Os componentes principais incluem um compressor, que como o próprio nome já diz comprime o gás refrigerante, aumentando sua temperatura [101]. O condensador, que dissipa o calor do gás quente para o ambiente externo, transformando-o em líquido. A válvula de expansão, para reduzir a pressão do líquido refrigerante, tornando-o mais frio. Por fim o evaporador, que absorve o calor do ambiente interno, transformando o líquido

refrigerante em gás novamente. Este ciclo é repetido continuamente para manter a temperatura desejada no ambiente [101].

Existem diversos tipos de sistemas de ar-condicionado, cada um com características específicas e adequados para diferentes necessidades, entre eles o ar-condicionado de janela, o split e multi-split, os embutidos ao forro da edificação, o central, cada um com suas características distintas [102].

O impacto ambiental dos sistemas de climatização está relacionado ao consumo de energia e ao uso de gases refrigerantes que podem contribuir para o efeito estufa. No entanto, diversas inovações têm sido desenvolvidas para tornar esses sistemas mais sustentáveis, como o uso de refrigerantes ecológicos, que substitui gases prejudiciais [103]. Sistemas de ar-condicionado que possam ser alimentados por energia solar ou eólica, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e bombas de calor geotérmicas que utilizam a temperatura do solo para climatização eficiente [103].

A demanda por climatização aumentará nos próximos anos devido às mudanças climáticas e à urbanização crescente. Para mitigar os impactos ambientais, a tendência é o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, como sistemas híbridos que combinam ar-condicionado com ventilação natural e refrigeração evaporativa para menor consumo energético [103].

Embora o sistema de climatização do ar interior tradicional tenha um impacto ambiental significativo, podem ser uma opção sustentável quando projetados e utilizados de maneira eficiente, complementando outras estratégias de conforto térmico passivo e de eficiência energética [103].

4.5.3 Ventilação natural

A ventilação natural é um sistema passivo que promove a troca de ar entre o interior e o exterior de um edifício sem o uso de dispositivos mecânicos, como ventiladores e aparelhos de ar-condicionado. Essa troca de ar ocorre devido às diferenças de pressão e temperatura, criando fluxos de ar que melhoram a qualidade do ambiente interno [104].

Esse sistema é amplamente utilizado em construções sustentáveis, pois permite reduzir o consumo energético, minimizar a necessidade de manutenção e melhorar o bem-estar dos ocupantes [104].

A ventilação natural ocorre por meio de dois princípios fundamentais:

Ventilação por pressão do vento, onde o ar exerce tensão sobre as fachadas de um edifício, criando diferenças de pressão entre os lados opostos da construção. A entrada de ar ocorre em áreas de alta pressão e a saída em zonas de baixa, garantindo a circulação contínua [105].

Ventilação por convecção térmica (Efeito Chaminé), é quando o ar quente, por ser menos denso, sobe, enquanto o ar frio, mais denso, desce. Esse movimento natural

do ar pode ser aproveitado para criar fluxos de ventilação dentro dos edifícios, eliminando o calor acumulado e promovendo o resfriamento passivo [105].

A ventilação natural pode ser aplicada de diferentes formas, dependendo do projeto arquitetónico e das condições climáticas locais [105].

A ventilação Cruzada, consiste na criação de aberturas em lados opostos do edifício para permitir a passagem do vento e a troca de ar, é altamente eficiente em climas quentes, pois permite a dissipação rápida do calor e pode ser otimizada com o uso de elementos arquitetónicos, como brises, persianas e venezianas, que direcionam e controlam o fluxo de ar [105].

A ventilação por efeito chaminé, baseia-se no princípio de que o ar quente sobe e o ar frio desce, como supracitado, portanto utiliza aberturas superiores e inferiores para facilitar o movimento ascendente do ar quente e a entrada de ar fresco na base do edifício. É ideal para edifícios de múltiplos andares e pode ser complementada com torres de ventilação [105].

A ventilação induzida por pátios internos, como o nome já diz, utiliza pátios centrais ou claraboias para promover a circulação de ar dentro do edifício. Funciona de maneira semelhante ao efeito chaminé, permitindo a saída do ar quente pela parte superior, além de melhorar a iluminação natural e o conforto térmico dos ambientes internos [105].

E por fim a ventilação noturna (ou resfriamento passivo), utiliza a diferença de temperatura entre o dia e a noite para resfriar os edifícios. Durante a noite, o ar frio entra na construção e dissipa o calor acumulado ao longo do dia, e durante o dia, as aberturas são fechadas para manter o ambiente interno fresco [105].

Inúmeros benefícios ao utilizar esse sistema, como a redução da necessidade de uso de ventiladores, ar-condicionado e outros sistemas mecânicos, com consequente diminuição do consumo de energia elétrica, resultando em menor impacto ambiental e custos reduzidos [104]. Melhoria na qualidade do ar interior, visto que promove a renovação constante, evitando a concentração de poluentes internos, o que reduz a incidência de doenças respiratórias, alergias e problemas relacionados à má qualidade do ar interno. Melhora o bem-estar dos ocupantes ao proporcionar temperaturas mais amenas de forma natural e evita os choques térmicos causados por sistemas de ar-condicionado [104].

Apesar de seus inúmeros benefícios, a ventilação natural apresenta desafios que precisam ser considerados em um projeto sustentável, como a dependência das condições climáticas. Em climas húmidos, a ventilação natural pode aumentar a umidade interna, favorecendo o surgimento de mofo e bolor, para além da necessidade de um projeto arquitetónico adequado. É uma ótima prática ao ser conjugada com outros sistemas [104].

4.5.4 Síntese comparativa das soluções de climatização

A seguir, está uma tabela comparativa entre as soluções de climatização segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.6 – Tabela de síntese das soluções de climatização estudadas

Fator	Piso Radiante	Sistemas de Ar Condicionado	Ventilação Natural
Sustentabilidade	Alta eficiência energética, reduz consumo comparado ao ar condicionado	Elevado consumo energético, pode usar tecnologias mais eficientes	Solução passiva, sem consumo energético
Durabilidade	Sistema embutido, pouca necessidade de manutenção	Necessita manutenção periódica e pode ter desgaste ao longo do tempo	Sem necessidade de manutenção, depende apenas da conceção do edifício
Custo	Investimento inicial alto, mas betão betnomia a longo prazo	Custo inicial variável, depende do tipo de sistema	Praticamente sem custos adicionais, depende do design da construção

(a) **(b)** **(c)**

Figura 4.6 – Piso radiante executado (a), sistema de ar-condicionado split (b) e estudo de ventilação natural numa moradia (c)

4.6 Sistemas técnicos de climatização

4.6.1 Bombas de calor

Uma bomba de calor é um dispositivo que transfere energia térmica de um ambiente para outro, utilizando um processo termodinâmico para aquecer ou resfriar espaços. Diferente de sistemas tradicionais que geram calor por combustão ou resistência elétrica, as bombas de calor extraem energia térmica do ar, da água ou do solo, mesmo em condições de baixa temperatura [106].

Esses sistemas são extremamente versáteis, podendo ser utilizados para aquecimento, arrefecimento e fornecimento de água quente. Sua operação silenciosa e estável proporciona conforto térmico superior, sem flutuações bruscas de temperatura [106].

Trata-se de uma prática sustentável, já que contribuem significativamente para a redução das emissões de carbono, especialmente quando comparado a sistemas tradicionais de aquecimento baseados em combustíveis fósseis. Essa redução ocorre devido à menor necessidade de energia primária e ao uso de fontes renováveis de calor, visto que essas operam com base no ciclo de compressão e expansão de um fluido refrigerante, que absorve e libera calor durante sua mudança de fase [107] [108].

O funcionamento básico envolve quatro etapas principais. A primeira é a evaporação, onde o fluido refrigerante em baixa pressão absorve calor do ambiente (ar, água ou solo), tornando-se vapor [108]. A seguir, temos a compressão, quando um compressor eleva a pressão e a temperatura do vapor refrigerante. Logo, a condensação, onde o calor acumulado no refrigerante é transferido para o ambiente interno ou para a água, enquanto o fluido retorna ao estado líquido. Por fim, a expansão, altura em que o fluido refrigerante passa por uma válvula de expansão, reduzindo sua pressão e reiniciando o ciclo [108].

As bombas de calor oferecem inúmeros benefícios em construções sustentáveis, alinhando eficiência energética, conforto térmico e redução do impacto ambiental. Embora o custo inicial de instalação seja geralmente mais alto do que o de sistemas convencionais, os baixos custos operacionais resultam em economias significativas ao longo do tempo. Essa economia é amplificada quando integrada a sistemas de geração de energia renovável, como painéis solares fotovoltaicos [107].

Podem ser combinadas com fontes de energia verde, como energia solar ou eólica, tornando-se uma solução praticamente neutra em emissões de carbono. Em construções equipadas com painéis solares fotovoltaicos, por exemplo, a energia elétrica necessária para operar a bomba pode ser gerada no local, maximizando a autossuficiência energética [107].

Ao substituir sistemas baseados em gás ou óleo combustível, reduzem a dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para a transição energética e para o cumprimento das metas climáticas globais [106].

Bombas de calor, no geral combinam eficiência energética, conforto e redução de emissões de carbono. Sua capacidade de integrar-se a fontes de energia renovável as posiciona como uma peça-chave na transição para edifícios mais verdes e sustentáveis. Ao optar por bombas de calor, não apenas reduzimos os custos operacionais, mas também contribuímos para a preservação do meio ambiente e o combate às mudanças climáticas [107].

4.6.2 Sistemas a biomassa

O aquecimento à biomassa é um sistema de climatização que utiliza matéria orgânica como fonte de energia térmica. Em vez de depender de combustíveis fósseis, este, queima biomassa para gerar calor, tornando-se uma opção mais sustentável e de menor impacto ambiental [109].

Os principais tipos de materiais utilizados incluem, os paletes de madeira, que são pequenos cilindros compactados feitos de resíduos deste material, que oferecem alta eficiência energética e baixo teor de umidade. A lenha, utilizada principalmente em lareiras e caldeiras de maior porte. Resíduos agrícolas, como a casca de arroz, caroços de azeitona, bagaço de cana e outros descartes que podem ser aproveitados. Por fim o biogás produzido pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica, sendo uma alternativa para grandes instalações [109].

Esse sistema de aquecimento pode ser utilizado para fornecer calor a um único ambiente através de salamandras e lareiras, ou para aquecer um edifício inteiro, por meio de caldeiras centralizadas conectadas a sistemas de radiadores ou até piso radiante [109].

Funciona da seguinte forma, a biomassa é alimentada na caldeira, gerando assim sua combustão. O material é queimado para gerar calor, normalmente de forma automatizada em sistemas modernos. O calor proveniente da queima é utilizado para aquecer a água que circula pelo sistema de aquecimento central. Em algumas situações, a quentura é diretamente liberada no ambiente através da das salamandras e lareiras. Se o sistema for centralizado, a água quente gerada na caldeira é distribuída para radiadores, piso radiante ou sistemas de ventilação [110].

A combustão da biomassa gera gases, que são eliminados através de uma chaminé ou sistema de ventilação e os sistemas mais recentes, possuem filtros que reduzem a emissão de partículas poluentes [110].

A instalação desse sistema de aquecimento requer planejamento e adaptação da infraestrutura do edifício. Começando pela escolha do tipo de sistema, se será individual, que é o ideal para espaços menores ou um único apartamento, ou centralizado, que aquece a água para distribuição em todo o edifício multifamiliar [111].

Depois, é importante selecionar a localização da unidade de queima. A caldeira deve ser instalada em um local adequado, como uma sala técnica bem ventilada e com acesso para armazenamento e abastecimento da biomassa [111].

Algumas das vantagens desse método de aquecimento incluem a redução das emissões de CO_2 em comparação aos combustíveis fósseis e a utilização de recursos renováveis, reaproveitamento de resíduos agrícolas e industriais [111].

É necessário um local adequado para armazenar os paletes. Em edifícios com espaço limitado, essa pode ser uma dificuldade. Limpar regularmente os resíduos da combustão e garantir o funcionamento eficiente da caldeira é a manutenção necessária e o abastecimento do combustível deve ser constante para evitar interrupções no aquecimento [111].

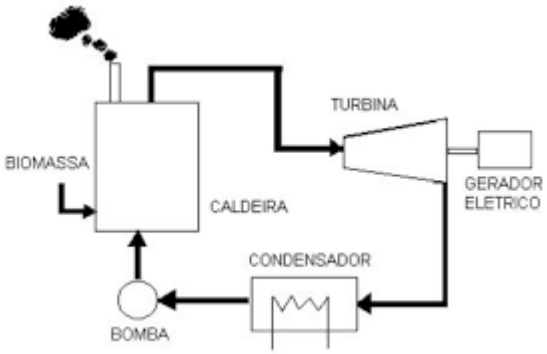
Se integrado corretamente, um sistema de biomassa pode fornecer aquecimento confiável e de baixo impacto ambiental [111].

4.6.3 Síntese comparativa dos sistemas técnicos de climatização

A seguir, segue uma tabela comparativa dos sistemas técnicos de climatização segundo sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.7 – Tabela de síntese das soluções de climatização estudadas

Fator	Bombas de Calor	Sistemas de Biomassa
Sustentabilidade	Utiliza energia renovável (ar, água ou solo), baixo impacto ambiental	Utiliza combustíveis renováveis (paletes, lenha), mas pode gerar emissões
Durabilidade	Vida útil longa com manutenção adequada	Depende da qualidade do equipamento e da manutenção
Custo	Investimento inicial alto, mas economia energética a longo prazo	Equipamentos mais acessíveis, mas depende do custo e disponibilidade do combustível



(a) **(b)**

Figura 4.7 – Sistema de bomba de calor (a) e sistema de energia via biomassa (b)

4.7 Revestimentos

4.7.1 Tintas ecológicas

Tintas à base de água, sem solventes, utilizam matérias-primas renováveis ou abundantes e são compostas por pigmentos naturais extraídos da diversidade do solo, livres de metais pesados presentes nos pigmentos sintéticos. Elas possuem baixa ou nula concentração de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e são produzidas com baixo consumo de energia, por meio de processos que não envolvem produtos químicos ou tóxicos [112].

Essas características contribuem para a redução da poluição aquática, atmosférica e da geração de resíduos. Muitos tipos de tintas ecológicas são biodegradáveis, o que facilita o descarte seguro e sustentável. Além disso, as tintas naturais oferecem alta qualidade e durabilidade, comparáveis às tintas convencionais, e apresentam um odor suave [112].

Elas garantem boa cobertura e aderência em diversas superfícies, como paredes externas e internas, tetos, portas, janelas e mobiliário, podendo ser aplicadas tanto em ambientes internos quanto externos [112].

Não representam risco à saúde de quem as aplica ou utiliza, permitindo também que as paredes possam respirar, já que não são impermeabilizantes. Isso facilita o controle da umidade nos edifícios, promovendo a troca de vapor entre o interior e o exterior dos espaços, o que contribui para um ambiente mais saudável e livre de fungos e mofo [112].

As tintas de cal, que são produzidas através da cal hidratada, são naturais, respiráveis e possuem propriedades antibacterianas. São particularmente adequadas para ambientes com alta umidade [113].

Ainda existem as tintas a base de argila, que são altamente respiráveis e ajudam a regular a umidade, normalmente são utilizadas em interiores para criar um ambiente saudável e natural [114].

No mercado português existem diversos tipos de tintas ecológicas. São utilizadas tanto para interiores quanto para exteriores. Muitas possuem uma certificação, que atende os critérios do rótulo ecológico europeu (Ecolabel), verificadas através de análises, por sua sustentabilidade e segurança [113].

4.7.2 Tintas convencionais

As tintas convencionais são amplamente utilizadas na construção civil devido à sua praticidade, versatilidade e custo relativamente acessível. No entanto, sua composição química suscita questões ambientais e de saúde, além de influenciar sua durabilidade e o custo-benefício [115].

As tintas convencionais são formuladas a partir de quatro componentes principais, pigmentos, resinas, solventes e aditivos. A questão da sustentabilidade deste material

está fortemente ligada ao uso de solventes e pigmentos sintéticos [115]. Os compostos orgânicos voláteis (COVs) liberados por essas tintas contribuem para a formação do ozônio troposférico, um poluente atmosférico que afeta a qualidade do ar e pode causar problemas respiratórios, visto que esses podem estar presentes no ambiente por semanas ou até meses após a aplicação [115]. A exposição prolongada a alguns solventes e pigmentos sintéticos pode estar associada a doenças mais graves, incluindo problemas neurológicos e cancro. Em ambientes fechados e mal ventilados, o impacto pode ser ainda mais severo [115].

Além disso, a produção e descarte inadequado, geram resíduos químicos que podem contaminar o solo e os recursos hídricos. Os metais pesados presentes em alguns pigmentos, como chumbo e cádmio, representam riscos ambientais significativos [115].

Para mitigar esses impactos, diversas iniciativas têm sido adotadas, como o desenvolvimento de tintas à base de água, que reduzem a emissão de COVs, e a formulação de pigmentos menos agressivos ao meio ambiente [116].

A sua durabilidade inclui a qualidade da formulação, a superfície onde são aplicadas e as condições ambientais. Tintas acrílicas, por exemplo, apresentam maior resistência à umidade e ao desbotamento, sendo amplamente utilizadas em fachadas externas [116].

Tintas à base de solvente tendem a ter maior resistência química e mecânica, sendo mais indicadas para áreas sujeitas a desgaste intenso. [116].

Ao avaliar o custo-benefício das tintas convencionais, é necessário considerar não apenas o preço inicial, mas também a durabilidade, manutenção e impactos à saúde e ao meio ambiente. Tintas com alto teor de COVs podem ter custos ocultos relacionados à saúde dos ocupantes e à necessidade de maior ventilação e purificação do ar. Já tintas à base de água e ecológicas, apesar de apresentarem um preço inicial mais elevado, oferecem benefícios significativos em termos de sustentabilidade e segurança para os usuários [116].

Dessa forma, a escolha do material deve ser pautada em um equilíbrio entre qualidade, impacto ambiental e saúde, buscando sempre opções que proporcionem um melhor desempenho a longo prazo [116].

4.7.3 Grés porcelânico ecológico

Uma versão sustentável do grés porcelânico convencional, desenvolvida com o objetivo de minimizar o impacto ambiental da construção civil, temos o grés porcelânico ecológico [117].

Ele mantém todas as características técnicas e estéticas do tradicional, como resistência, baixa absorção de água e variedade de acabamentos, mas se diferencia por seu processo produtivo e pelos materiais utilizados [117].

A principal característica que define esse material como ecológico é o uso de matérias-primas recicladas em sua composição. Além disso, sua fabricação envolve técnicas que reduzem o consumo de energia e de água, bem como as emissões de poluentes [118].

Outro fator que contribui para a classificação ecológica desse material é sua durabilidade. Por ser altamente resistente ao desgaste e às intempéries, tem uma vida útil longa, reduzindo a necessidade de substituições frequentes e, consequentemente, a geração de resíduos [118].

A sua composição pode variar de acordo com o fabricante e a tecnologia empregada. Muitas empresas utilizam resíduos industriais, como sobras de cerâmica e fragmentos de grés descartado, moendo esses materiais para reutilização na produção de novas peças. Outras, incorporam vidro reciclado, que ajuda a conferir brilho e resistência ao material, além de reduzir a necessidade de extração de novas matérias-primas [117] [118].

Certos tipos de grés ecológico incorporam resíduos de mineração, como rejeitos de pedra e minerais, reduzindo a deposição desses materiais no meio ambiente. Para evitar o uso de substâncias químicas poluentes, são tingidos com pigmentos naturais, que proporcionam uma ampla gama de cores sem comprometer a sustentabilidade [119].

Além da composição, o processo de fabricação é otimizado para minimizar impactos ambientais. Isso inclui técnicas como a prensagem a seco, que reduz o consumo de água, e o uso de fornos mais eficientes, que diminuem a emissão de gases poluentes [119].

Uma vantagem desse produto, é que ele pode ser utilizado tanto áreas internas quanto externas. É ideal para revestir pisos e paredes em ambientes residenciais, comerciais e industriais. Sua resistência ao desgaste e à umidade o torna uma excelente escolha para áreas de alto tráfego e locais sujeitos a variações climáticas [117].

A versatilidade deste material faz dele uma escolha sustentável, promovendo um equilíbrio entre funcionalidade, estética e responsabilidade ambiental.

Projetos arquitetónicos que utilizam o grés ecológico, podem obter certificações ambientais que reconhecem práticas sustentáveis na construção civil. Além de que o uso de materiais sustentáveis agrega valor aos imóveis, pois consumidores e investidores estão cada vez mais atentos à sustentabilidade.

4.7.4 Piso de madeira certificada

O piso de madeira certificada é um tipo de revestimento natural feito a partir de madeira proveniente de fontes sustentáveis, ou seja, de florestas manejadas de forma responsável e certificadas por organizações reconhecidas (como já citado em capítulos anteriores). Essas certificações garantem que a madeira utilizada provém

de áreas onde a exploração ocorre sem prejuízo para o meio ambiente, respeitando a biodiversidade e as comunidades locais [120].

Esse tipo de piso é valorizado por sua estética sofisticada, durabilidade e contribuição para construções sustentáveis. Além disso, a sua certificação assegura que ele atende a rigorosos critérios ambientais, sociais e econômicos [120].

Este revestimento, é fabricado a partir de madeiras nobres, como carvalho. O piso de madeira maciça, é feito inteiramente de uma única peça, é extremamente durável e pode ser restaurado várias vezes, a manutenção inclui limagem e aplicação de vernizes [121].

Já o piso laminado, possui uma camada superior de madeira natural sobre um núcleo de madeira prensada, oferecendo um visual autêntico com maior resistência a umidade e impactos. E temos ainda mais um tipo, composto por camadas de madeira natural prensadas e intercaladas, é mais estável e menos propenso à dilatação e contração [121].

Independentemente de qual, os pisos certificados passam por processos de secagem e tratamento para garantir resistência ao desgaste, às pragas e à umidade, aumentando sua vida útil e garantindo um melhor desempenho na obra [121].

Na arquitetura, podem ser aplicados tanto em residências quanto em espaços comerciais. Esse material proporciona para a edificação um ambiente acolhedor, por conta do conforto térmico que a madeira traz ao ambiente [120].

A instalação pode ser feita por meio de encaixes, colagem ou fixação com pregos, dependendo do tipo de piso escolhido. Além disso, a madeira certificada permite personalizações por meio de acabamentos como vernizes, óleos e texturizações [121].

A pegada de carbono é menor em comparação a pisos feitos de materiais não renováveis, como grés porcelânicos e vinílicos. Além deste material não liberar compostos orgânicos voláteis, e ser natural, proporciona um ambiente e ar interior mais saudável [121].

Uma grande vantagem é que os pisos de madeira certificada possuem longa vida útil e podem ser restaurados, ao contrário de outros tipos de revestimentos que precisam ser substituídos periodicamente, isso reduz resíduos e a necessidade de novos recursos naturais para reposição [121].

4.7.5 Síntese comparativa entre os revestimentos

A seguir, está uma tabela comparativa entre os revestimentos segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.8 – Tabela de síntese dos revestimentos estudados

Fator	**Tintas Ecológicas**	**Tintas Convencionais**	**Grés Porcelânico Ecológico**	**Piso de Madeira Certificada**
Sustentabilidade	Baixa emissão de COVs, menos impacto ambiental	Contém químicos e solventes prejudiciais ao meio ambiente	Produção com menor impacto ambiental e materiais reciclados	Recurso renovável, proveniente de florestas geridas de forma sustentável
Durabilidade	Pode precisar de mais demãos em algumas superfícies	Boa resistência e cobertura	Resistente a desgaste, humidade e impactos	Longa durabilidade, mas requer manutenção
Custo	Ligeiramente mais cara que tintas convencionais	Acessível e amplamente disponível	Custo inicial alto, mas longa vida útil	Preço varia conforme a madeira usada, médio a elevado

(a) **(b)** **(c)** **(d)**

Figura 4.8 – Tintas ecológicas (a), tintas convencionais (b), piso em grés porcelânico ecológico (c) e piso em madeira certificada (d)

4.8 Coberturas ecológicas

4.8.1 Coberturas ajardinadas

A cobertura plana ajardinada, como o próprio nome já diz, é um tipo de telhado verde. Utiliza vegetação de baixo crescimento e baixa manutenção para criar uma camada natural sobre edificações.

É composta por um sistema de vegetação instalado sobre telhados, geralmente com uma espessura de substrato entre 5 cm e 15 cm, utilizando plantas que demandam poucos nutrientes e água, como gramíneas, suculentas e outras espécies resistentes. Esse tipo de cobertura é indicado para telhados que não suportariam grandes cargas de peso e para projetos onde é necessária uma solução econômica e de baixo impacto ambiental [122].

Esse sistema é composto por várias camadas, que, juntas, garantem o suporte da vegetação e o bom funcionamento estrutural e ambiental [123].

Iniciando pela camada de impermeabilização, responsável pela proteção da estrutura do edifício contra infiltrações de água [123].

Logo em seguida, a camada de proteção contra raízes, que impede que as raízes penetrem na camada impermeabilizante [123].

Também conta com uma camada de drenagem, para facilitar o escoamento da água da chuva e/ou da rega, evitando o acúmulo que poderia ser prejudicial a estrutura [123].

Posteriormente aplica-se um substrato leve, que oferece suporte e nutrientes para as plantas que serão inseridas na cobertura, este substrato é um material especial, mais leve que o solo comum, feito com misturas de componentes como argila expandida e turfa [123].

Por fim, a camada de vegetação, onde as plantas são selecionadas de acordo com a resistência climática, normalmente espécies que requerem pouca manutenção. Membrana geotêxtis são utilizadas nas separações das camadas, assim como materiais drenantes e substratos leves, como supracitado [123].

As consequências positivas causadas pela cobertura ajardinada, são muitas, dentre elas a melhora do desempenho térmico, visto que a vegetação ajuda a reduzir a absorção de calor, o que diminui a necessidade de climatização interna, gerando economia de energia [124].

A camada de vegetação absorve e retém parte da água da chuva, retardando o escoamento e reduzindo a sobrecarga nas redes de drenagem urbanas, o que contribui positivamente na gestão das águas pluviais [124].

O sistema de cobertura ajardinada, acaba por agregar aumento da vida útil do telhado, mesmo que muitos pensem o contrário, mas as coberturas verdes protegem

a membrana impermeabilizante dos raios UV e de condições climáticas extremas, prolongando sua durabilidade [125].

Numa análise geral, não só os benefícios para o edifício, mas também para o planeta, o jardim presente neste tipo de cobertura, gera uma melhoria da qualidade do ar, já que as plantas ajudam a filtrar partículas de poluição, contribuindo para a purificação do ar em áreas urbanas. Além disso, sempre haverá criação de habitats para a biodiversidade, mesmo em ambientes urbanos, as coberturas ajardinadas podem se tornar áreas para insetos, pássaros e outros pequenos animais, contribuindo para a biodiversidade local [125].

Por fim, os telhados verdes contribuem com a estética e bem-estar, porque além de melhorar a aparência dos edifícios, as coberturas verdes podem gerar impacto positivo no bem-estar psicológico das pessoas, ao trazer a natureza para o ambiente urbano [125].

4.8.2 Coberturas de vidro

A utilização de vidro nas coberturas permite uma maior integração da luz natural nos ambientes internos, além de proporcionar uma estética "clean" e sofisticada, muitas vezes já associada a conceitos de sustentabilidade e eficiência energética.

São estruturas transparentes instaladas na parte superior de um edifício, com o objetivo de maximizar a entrada de luz natural [126]. Esses sistemas podem ser compostos por painéis de vidro temperado, laminado ou vidro duplo, que são escolhidos de acordo com a necessidade de eficiência térmica, acústica e segurança [127]. Em muitos casos, as coberturas são projetadas com sistemas de vedação altamente eficientes, para garantir a isolação térmica e a proteção contra as intempéries [127].

Podem ser projetadas de diferentes maneiras, sendo elas fixas, em que o vidro é instalado permanentemente, sem possibilidade de abertura. Deslizantes ou retráteis permitem abrir ou fechar a cobertura, oferecendo flexibilidade ao ambiente. Com vidro transparente ou translúcido, dependendo da necessidade de privacidade e controle solar [127].

Uma das principais vantagens, é a abundância de luz solar que elas proporcionam aos ambientes internos. O aumento da iluminação natural reduz a necessidade da artificial durante o dia, o que contribui para a economia de energia [128]. Além disso, a luz do sol tem benefícios comprovados para a saúde e o bem-estar dos ocupantes, promovendo uma sensação de conexão com o exterior e melhorando o conforto visual e psicológico [128].

Quando compostas por vidros duplos ou vidros de controle solar, podem ser projetadas para melhorar a eficiência energética do edifício. O vidro moderno pode ser altamente isolante, evitando a perda de calor no inverno e o ganho excessivo de calor no verão. Isso pode reduzir a necessidade de sistemas de aquecimento,

ventilação e ar-condicionado, proporcionando uma diminuição significativa no consumo de energia em geral [129].

Em projetos sustentáveis, o seu uso pode contribuir para a obtenção de certificações ambientais.

4.8.3 Coberturas de telha cerâmica

As telhas cerâmicas são um dos tipos de coberturas mais utilizados na construção civil, sendo feitas a partir da argila cozida em altas temperaturas. Esse material é amplamente empregado em diferentes tipos de edificações, devido à sua resistência, durabilidade e estética [130].

Podem apresentar diferentes formatos e acabamentos, adaptando-se a variados estilos arquitetónicos [131].

O processo de fabricação envolve a extração da argila, modelagem, secagem e queima em fornos industriais. O cozimento confere resistência e impermeabilidade à telha, tornando-a adequada para suportar intempéries, como chuvas intensas, ventos fortes e variações térmicas [131].

Esse material, possui uma vida útil longa, podendo ultrapassar 50 anos quando bem instaladas e mantidas. Sua durabilidade reduz a necessidade de substituições frequentes, diminuindo o desperdício de materiais e o impacto ambiental gerado pela produção de novas coberturas [131].

O barro cozido tem excelentes propriedades térmicas, ajudando a manter a temperatura interna dos ambientes mais estável. Isso reduz a necessidade de uso de sistemas de climatização, como ar-condicionado e aquecedores, promovendo economia de energia e contribuindo para a sustentabilidade da construção [131].

Apesar de a produção das telhas cerâmicas envolver a queima da argila, esse material tem uma pegada de carbono relativamente baixa quando comparado a coberturas metálicas ou de concreto. Além disso, a longevidade das telhas reduz a demanda por novos materiais ao longo do tempo [131].

A cerâmica pode ser reciclada ou reutilizada após a demolição de uma estrutura. Telhas quebradas podem ser trituradas e usadas como agregado para pavimentação ou até mesmo para novos produtos cerâmicos [131].

Estas, não liberam substâncias tóxicas no meio ambiente durante seu ciclo de vida, o que melhora a qualidade do ar interno dos edifícios e contribui para construções mais saudáveis [131].

Mas, apesar dos inúmeros benefícios supracitados, as telhas cerâmicas também apresentam algumas desvantagens que devem ser consideradas, especialmente em projetos que buscam ao máximo a sustentabilidade [130].

A queima da argila para a produção das telhas cerâmicas demanda um alto consumo de energia térmica. Em muitas fábricas, esse processo ainda é realizado com o uso

de combustíveis fósseis, contribuindo para a emissão de gases de efeito estufa. Entretanto, algumas indústrias já adotam fornos mais eficientes ou utilizam biomassa como fonte de energia [130].

A extração de argila, também não é totalmente inocente, visto que é um recurso natural não renovável. Se for realizada de forma descontrolada, pode causar impactos ambientais negativos, como a degradação de áreas naturais e a perda de biodiversidade. Em projetos arquitetónicos que demandam telhados leves ou com grandes vãos, as telhas cerâmicas podem não ser a melhor opção devido ao seu peso e à necessidade de inclinações adequadas para um bom escoamento da água [130].

4.8.4 Síntese comparativa dos tipos de cobertura

A seguir, está uma tabela comparativa entre os tipos de cobertura estudados segundo a sustentabilidade, durabilidade e custo.

Tabela 4.9 – Tabela de síntese dos tipos de cobertura estudados

Fator	**Coberturas Ajardinadas**	**Coberturas de Vidro**	**Cobertura de Telha Cerâmica**
Sustentabilidade	Melhora a eficiência térmica, reduz efeito de ilhas de calor e retém água da chuva	Permite iluminação natural, reduzindo consumo de energia, mas pode causar aquecimento excessivo	Material natural, reciclável e com baixo impacto ambiental
Durabilidade	Exige manutenção para garantir drenagem e evitar infiltrações	Pode sofrer desgaste e necessitar reforço estrutural	Resistente a intempéries e com longa vida útil
Custo	Instalação e manutenção caras, mas retorno a longo prazo	Necessidade de estrutura reforçada e vidros especiais	Solução tradicional e acessível, com boa relação custo-benefício

(a) (b) (c)

Figura 4.9 – Cobertura ajardinada (a), cobertura de vidro (b) e cobertura de telha cerâmica (c)

4.9 Energia

4.9.1 Energia solar

Uma solução cada vez mais relevante em Portugal, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. Gera energia limpa e renovável, ajudando a reduzir as emissões de carbono associadas à eletricidade a partir de fontes fósseis [132].

São dispositivos projetados para converter a energia do sol em eletricidade ou calor utilizável. Estes painéis são compostos por células fotovoltaicas ou coletores térmicos que captam a radiação solar e a transformam em uma forma de energia que pode ser usada em residências, indústrias e estabelecimentos comerciais [133].

Existem dois principais tipos de painéis solares, os fotovoltaicos, que convertem a luz do sol diretamente em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, e os painéis solares térmicos, que utilizam o calor do sol para aquecer líquidos, geralmente água, que podem ser usados para banho, piscinas ou sistemas de aquecimento de ambientes [133].

Os painéis fotovoltaicos são compostos por células solares feitas de materiais semicondutores, como o silício. Quando a luz solar incide sobre essas células, fótons (partículas de luz) excitam os eletrões do material semicondutor, gerando uma corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado de efeito fotovoltaico [133].

A corrente elétrica gerada é do tipo corrente contínua (CC), que precisa ser convertida para corrente alternada (CA), a forma de eletricidade utilizada em casas e empresas. Esse processo é realizado por um inversor solar, que ajusta a energia para que possa ser utilizada nos aparelhos elétricos ou enviada para a rede elétrica [133].

Já os painéis solares térmicos funcionam de forma diferente. Em vez de converter luz em eletricidade, eles captam o calor do sol para aquecer um fluido (normalmente água ou óleo térmico) que circula por tubos internos do painel. Esse líquido quente pode então ser utilizado para aquecer a água de torneiras, chuveiros ou piscinas, reduzindo a necessidade de aquecimento elétrico ou a gás [133].

Com isso, vemos que a energia solar têm diversas aplicações, podendo ser utilizada para geração de eletricidade, aquecimento de água e até mesmo em processos industriais que demandam alta eficiência energética [133].

O uso de painéis solares desempenha um papel fundamental na transição para um modelo energético mais sustentável e na luta contra as mudanças climáticas [133].

A geração de energia a partir do sol não libera dióxido de carbono (CO_2), principal responsável pelo aquecimento global. Ao substituir fontes de energia poluentes por energia solar, indivíduos e empresas podem reduzir significativamente sua pegada de carbono [134].

Com a instalação de um sistema solar, consumidores podem até se tornar independentes da rede elétrica, reduzindo custos com energia e garantindo um fornecimento seguro [134].

Apesar da redução dos preços nos últimos anos, o investimento inicial em painéis solares ainda pode ser elevado para alguns consumidores. A energia solar é intermitente, ou seja, só é gerada durante o dia. Soluções de armazenamento, como baterias solares, ainda têm um custo relativamente alto. Além de que a instalação de requer áreas expostas ao sol, o que pode ser um obstáculo para algumas construções urbanas [134].

O sistema de autoconsumo com ligação à rede (on-grid) acaba por ser o mais comum em edifícios multifamiliares, visto que ele permite que o edifício consuma a energia gerada pelos painéis solares e, se houver excedente, esse pode ser injetado na rede pública. Utiliza energia solar durante o dia e não necessita de baterias, o que gera redução no custo inicial [133].

De modo geral, esse sistema representa uma das soluções mais promissoras para a produção de energia sustentável.

4.9.2 Energia convencional

O sistema de energia convencional refere-se ao conjunto de infraestruturas e processos utilizados para gerar, distribuir e consumir energia elétrica a partir de fontes tradicionais, como carvão, petróleo, gás natural e energia nuclear. Em Portugal, embora as fontes renováveis tenham uma participação crescente na matriz energética, uma parte da eletricidade ainda é gerada por usinas termoelétricas e pela importação de energia de outros países, muitas vezes proveniente de fontes não renováveis [135].

Uma das principais fontes de energia convencional no país, utilizada principalmente para geração de eletricidade em centrais termoelétricas e para aquecimento doméstico e industrial, é o gás natural. Outro ponto é que o país não possui centrais nucleares próprias, mas importa eletricidade da Espanha, onde parte da energia é gerada por centrais nucleares [136].

Essas fontes convencionais, apesar de garantirem um fornecimento energético contínuo, apresentam desafios ambientais e econômicos, tornando a transição para fontes renováveis essencial para um futuro mais sustentável [136].

A instalação de um sistema de energia convencional envolve várias etapas e infraestruturas complexas que garantem a geração, transmissão e distribuição da eletricidade até os consumidores finais.

As Centrais termoelétricas movidas a gás natural, ficam localizadas em pontos estratégicos do país.

A Rede Elétrica Nacional (REN) é responsável pela transmissão de eletricidade de alta tensão. As linhas de transmissão transportam a energia desde as centrais até as subestações. Essas empresas fazem a distribuição de energia para residências, empresas e indústrias. A eletricidade chega aos consumidores através de postes e cabos subterrâneos.

Apesar de ser um sistema confiável e bem estruturado, a energia convencional apresenta diversas desvantagens, principalmente em relação ao impacto ambiental e à sustentabilidade.

As centrais termoelétricas movidas a gás natural e petróleo emitem grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases de efeito estufa, agravando o aquecimento global. A queima de combustíveis fósseis também libera poluentes como óxidos de nitrogênio (NO_x) e enxofre (SO_x), contribuindo para a chuva ácida e problemas respiratórios na população [137].

Os combustíveis fósseis utilizados na geração de eletricidade são finitos e sua extração gera impactos ambientais significativos. Além disso, a necessidade de importar gás natural e petróleo torna Portugal vulnerável a crises energéticas e flutuações de preços no mercado internacional, aumento dos custos e impactando o valor da eletricidade para os consumidores. A necessidade de infraestrutura complexa para a transmissão e distribuição torna o sistema caro e sujeito a falhas [137].

Além das emissões de gases poluentes, a construção de centrais termoelétricas e redes de transmissão pode causar desmatamento, destruição de habitats naturais e contaminação de solos e cursos de água. Uma desvantagem é que esse sistema apresenta perdas significativas na transmissão e distribuição da eletricidade. Parte da energia gerada nas centrais é dissipada ao longo das linhas de transmissão, resultando em menor eficiência energética [137].

Até os dias de hoje, o sistema de energia tradicional tem sido essencial para garantir o abastecimento de eletricidade ao longo das décadas. No entanto, suas desvantagens ambientais, econômicas e sociais reforçam a necessidade de uma transição para fontes renováveis [137].

4.9.3 Sistemas de recuperação de calor

Os sistemas de recuperação de calor (SRC) são soluções tecnológicas destinadas a melhorar a eficiência energética dos edifícios, reduzindo o desperdício de calor e otimizando o consumo de energia [138].

Um SRC é um mecanismo que capta e reaproveita o calor desperdiçado em sistemas de ventilação, aquecimento e refrigeração. Em alguns edifícios, grandes volumes de calor são dissipados no ambiente através da exaustão de ar, drenagem de água quente e operação de equipamentos domésticos. O SRC visa capturar essa energia e reutilizá-la para o aquecimento de água, climatização ou outros processos internos [138].

Este sistema opera por meio de trocadores de calor, que transferem energia térmica de um fluido quente para outro sem mistura entre eles. Os principais tipos de trocadores de calor utilizados incluem trocadores de placas, que são compostos por várias placas metálicas finas que permitem a troca de calor entre dois fluidos, os trocadores de tubos concêntricos, que utilizam tubos de diferentes diâmetros para conduzir fluidos a temperaturas distintas e os trocadores de calor de leito fluido, utilizados para capturar calor residual de gases quentes provenientes de sistemas de exaustão [138].

A escolha do tipo de trocador depende das condições de instalação e do objetivo específico da recuperação de calor no edifício [139].

A instalação de um SRC requer uma abordagem planejada para garantir a máxima eficiência. Primeiramente é realizada uma análise e diagnóstico energético, que se trata de uma avaliação dos sistemas existentes de aquecimento, ventilação e exaustão, para assim fazer a identificação das principais fontes de desperdício de calor, e com isso o cálculo do potencial de recuperação de energia [139].

Feito isso, pode-se então selecionar o tipo adequado de trocador de calor, definir a capacidade térmica necessária para atender à demanda do edifício e considerar os parâmetros como espaço disponível e compatibilidade com as instalações existentes [139].

Para realizar a integração dos sistemas existentes, é preciso haver conexão com redes hidráulicas e de ventilação, instalação de sensores e dispositivos de controle e implementação de sistemas de automação para otimizar o funcionamento [140].

Após isso, realizam-se testes para verificação do sistema, ajustes e um treinamento de operadores e moradores sobre como o sistema irá funcionar.

Os SRC reduzem o consumo de energia, porque ao reutilizar calor dissipado, há uma diminuição da demanda por eletricidade ou combustíveis fósseis para aquecimento, diminui os custos operacionais, tem um menor impacto ambiental por conta da redução de GEE, para além do conforto térmico dos ambientes internos [138].

Os sistemas de recuperação de calor representam uma solução inovadora para melhorar a eficiência energética. Com a instalação adequada e manutenção regular,

esses sistemas oferecem economia financeira, conforto térmico e redução de impactos ambientais. A sua implementação está alinhada com as metas globais de sustentabilidade e constitui uma escolha estratégica para o futuro da habitação urbana. [138] [139].

4.9.4 Síntese comparativa dos tipos de energia

A seguir, está uma tabela comparativa entre os tipos de energia estudados segundo a sustentabilidade, a durabilidade e o custo.

Tabela 4.10 – Tabela de síntese dos tipos de energia estudados

Fator	Energia Solar	Energia Convencional	Sistemas de Recuperação de Calor
Sustentabilidade	Fonte renovável, reduz pegada de carbono	Depende de combustíveis fósseis, maior impacto ambiental	Reaproveita calor desperdiçado, reduz consumo energético
Durabilidade	Painéis solares têm longa vida útil (20+ anos)	Depende do tipo de energia usada e da manutenção dos sistemas	Equipamentos duráveis, com manutenção periódica
Custo	Alto investimento inicial, mas economia a longo prazo	Custo inicial menor, mas consumo contínuo gera despesa alta	Investimento inicial necessário, mas reduz custos operacionais

(a) **(b)** **(c)**

Figura 4.10 – Sistema para captação de energia solar (a), usina termelétrica (b) e sistema de recuperação de calor (c)

4.10 Rede de água inteligente

4.10.1 Reutilização das águas pluviais

A crescente escassez de recursos hídricos tem impulsionado a adoção de soluções sustentáveis para a gestão da água, especialmente em edifícios multifamiliares. A **reutilização de águas pluviais** surge como uma alternativa eficiente, reduzindo a demanda por água potável e o impacto ambiental da infraestrutura urbana [141].

Um **sistema centralizado de aproveitamento de águas pluviais** é composto por diferentes elementos que atuam de forma integrada na captação, armazenamento, tratamento e distribuição da água para usos não potáveis, como irrigação, lavagem de áreas comuns e descargas sanitárias [141].

A água é coletada a partir de superfícies impermeáveis, como telhados e coberturas. As calhas e condutores direcionam o escoamento para um sistema de filtragem inicial, onde grelhas e filtros removem folhas, galhos e outras partículas sólidas. Em seguida, o **separador de primeiras chuvas** descarta os primeiros milímetros de precipitação, que normalmente carregam contaminantes acumulados na superfície, como poeira, fuligem e resíduos orgânicos [141].

A água mais limpa é então conduzida a um **reservatório de armazenamento**, que pode ser subterrâneo ou instalado em áreas técnicas. Sua capacidade deve ser dimensionada de acordo com a precipitação local e o consumo previsto. Para garantir a segurança no uso da água, são aplicadas técnicas de tratamento, como filtragem de sedimentos, carvão ativado e desinfeção por UV ou cloração, conforme os padrões de qualidade exigidos [141].

Um **sistema de bombeamento** assegura a pressão adequada para a distribuição da água tratada aos pontos de utilização no edifício [141].

Os **telhados verdes** também podem ser utilizados como superfície de captação. Nesses casos, a água infiltra-se inicialmente pelo substrato e pela vegetação, o que contribui para uma filtragem natural e reduz a velocidade do escoamento, antes de ser conduzida ao sistema de armazenamento [142].

A adoção desse tipo de sistema oferece diversos benefícios: redução do consumo de água potável, redução do risco de enchentes urbanas, melhoria da qualidade da água coletada e valorização do imóvel. Além disso, pode ser integrado a sistemas híbridos de energia, combinando energia solar fotovoltaica com a rede elétrica para garantir a autonomia energética do sistema [142].

Em suma, a reutilização de águas pluviais em edifícios multifamiliares representa uma solução viável e eficiente para promover a sustentabilidade hídrica. Quando bem planejado e executado, o sistema proporciona economia, resiliência e menor

impacto ambiental, consolidando-se como um investimento estratégico para o futuro urbano sustentável.

4.10.2 Equipamentos

Quando se trata de sustentabilidade e cuidado com o planeta, qualquer ação, por menor que seja, é válida. No nosso dia a dia, muitas vezes não percebemos que estamos a desperdiçar água, mesmo que pouca, no fim de um mês, ou até de uma vida, poderia ter sido poupada uma grande quantia desse bem precioso para sobrevivência humana [143].

Com isso, o mercado e as tecnologias atuais, tem sempre estado em busca de novas soluções que nos ajudem ter um maior controlo de desperdícios cotidianos.

O smart shower (ou chuveiro inteligente) é um dispositivo tecnológico projetado para otimizar o uso da água e da energia durante o banho. Ele conta com sensores, controles automáticos e funções de monitoramento que permitem ao usuário ajustar e acompanhar a temperatura, tempo de banho e volume de água, tudo isso por meio de um painel digital, aplicação no telemóvel, ou comandos de voz [144].

O controlo de temperatura, permite selecionar quantos graus o utilizador gostaria de aquecer a água antes de entrar no chuveiro, evitando o desperdício de água enquanto ela aquece. A água então, só começa a ser liberada quando atinge a temperatura escolhida, o que poupa muitos litros que somente iriam "ralo abaixo", alem de tempo de espera. [144].

O chuveiro inteligente conta com monitoramento e controlo de consumo, o sensor mede o volume de água e energia/gás consumidos em cada banho e exibe esses dados em tempo real ou em um relatório no aplicativo. Alguns modelos podem ser programados para limitar o fluxo de água após um certo consumo, promovendo a economia [144].

Podem ser criados perfis de utilizadores, de acordo com a preferência de cada morador, e através do reconhecimento de usuários, o chuveiro inteligente, ajusta automaticamente a temperatura, pressão e duração conforme escolhido [144]..

O sistema também notifica o usuário sobre o tempo de banho, promovendo banhos mais rápidos e conscientes. Alguns até desligam a água ou reduzem o fluxo para alertar quando o tempo ultrapassa o limite preestabelecido. Muitos modelos permitem integração com assistentes de voz como Alexa ou Google Assistant, oferecendo ainda mais controle e conveniência para os usuários [144].

Os aquecedores de água consomem muita energia, e reduzir o tempo de banho ou a quantidade de água aquecida tem um impacto direto na pegada de carbono. Ao fornecer dados sobre o uso de água, incentiva hábitos mais conscientes, ajudando a educar os utilizadores sobre seu consumo e promovendo o uso sustentável de recursos [143] [144].

Essa tecnologia, contribui significativamente para a sustentabilidade, ao controlar a quantidade de água utilizada e evitar o uso excessivo, o chuveiro inteligente ajuda a reduzir o consumo e a proteger recursos hídricos [143].

Existem outras opções sustentáveis que podem ser utilizadas na casa de banho, como por exemplo as sanitas inteligentes, onde o autoclismo controlado reduz a quantidade de água utilizada [143].

Em Portugal, a Roca se destaca por sua linha de casas de banho que inclui sanitas que podem ser facilmente adaptadas para serem utilizadas sem toque no autoclismo, usando o kit de descarga eletrónica EM1 [145].

Este sistema, acionado por sensores de movimento e alimentado por pilhas, permite a instalação sem necessidade de energia elétrica próxima. Com capacidade para realizar até 40.000 descargas antes da troca de pilhas, é compatível com diversos modelos da marca. Equipadas com sensores de presença e controle de fluxo, essas sanitas liberam água somente quando necessário, ajustando automaticamente o volume de acordo com a demanda [145].

Isso evita o uso excessivo de água, proporcionando uma descarga automática de baixo consumo, ideal para uma limpeza eficaz. Essa automação promove o uso consciente e facilita a economia de água de forma prática e eficiente [143].

5 PROJETO

5.1 Localização

Ao planear um edifício sustentável, antes mesmo de pensar no projeto em si e as técnicas construtivas a serem utilizadas, um ponto relevante que não podemos deixar passar é a localização do terreno. Pensando no projeto como um todo, além da sustentabilidade da construção, o seu entorno é muito importante.

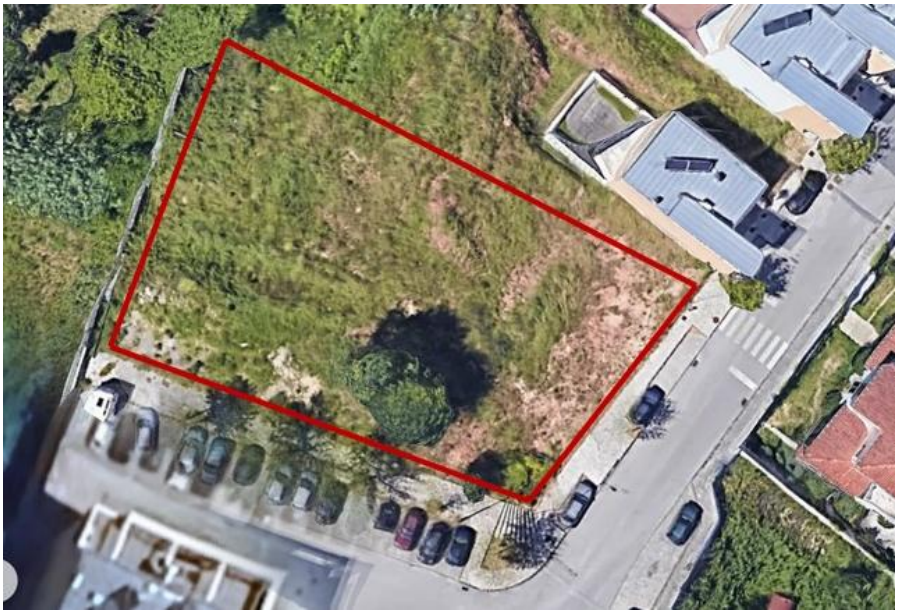
Em 2016, Carlos Moreno criou o termo "cidade de 15 minutos" que consiste em amenizar as emissões de CO_2 com a redução do percurso e deslocações com meios suaves e não poluentes. Em Coimbra, existe possibilidade de escolha de bairros sob esta ideia, mesmo que não seja o ideal perfeito dos "15 minutos", há localizações que atendem a maioria das atividades necessárias para o dia a dia, como educação, lazer, saúde e alimentação.

Tendo em conta o exposto no parágrafo anterior, o local do terreno para o projeto dessa dissertação foi escolhido pensando nas atividades que poderiam ser exercidas na proximidade. Localiza-se na freguesia de Santo António dos Olivais, na Calçada de São Sebastião, sob 40.218217 em latitude e -8.399840 em longitude. O entorno conta com instalações de educação, saúde e lazer, além de ter um comércio local, que deve ser apoiado e valorizado pelos moradores da região, assim como mercados, restaurantes e cafés. Em relação ao transporte público, há paragens de autocarro bem localizadas, a cerca de 350 metros do terreno. Está inserido numa área residencial, cercada de espaços verdes que são convidativos para os residentes, onde podem usufruir da natureza como forma de lazer e caminhadas para melhoria da qualidade de vida. Nesta localização, o morador tem acesso a serviços essenciais através de uma curta caminhada ou deslocamento de bicicleta.

Figura 5.1 – Serviços e equipamentos no entorno do terreno (circulado à vermelho)

5.2 Memória Descritiva e Justificativa

Este projeto consiste na conceção de um edifício multifamiliar situado em Coimbra, no bairro Santo António dos Olivais, na Calçada de São Sebastião, o terreno possui uma área de 1.136.69 m² e apresenta topografia irregular. No entanto, para fins de representação e desenvolvimento conceitual do projeto, optou-se por considerá-lo com topografia regular, a fim de focar nas soluções arquitetónicas e sustentáveis propostas, sem interferência de variáveis topográficas neste estágio inicial. O edifício será implantado numa esquina com fachada principal orientada a Leste e lateral a Sul, aproveitando a exposição solar e as condições climáticas locais para maximizar conforto e eficiência energética.



(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 5.2 – Vista em planta do terreno com os limites do lote (a), vista da rua oeste 1 (b), vista da rua oeste (c) e vista da rua sul (d)

O prédio é divido em piso 0 (rés de chão), que contém os pilares estruturais, caixa de escada e elevador com uma área de 11.33m², a escada contém 22 degraus, com 0.26m de comprimento e espelho de 0.18m. Entre os pilares (0.30x0.30 metros) há uma área de convívio para os ocupantes, onde se encontram mesas e bancos para utilização de atividades diversas, para a proteção solar, quase todo o entorno deste piso, é cercado por brises, para que os utilizadores do local possam manusear e escolher como querem a incidência solar quando estiverem a desfrutar no ambiente. O revestimento do solo nesse local, é de pavimento permeável em grelha, para que haja absorção natural das águas pluviais, evitando acúmulos. Ao fundo to terreno, a cobertura do solo é relvada, além da implantação de árvores com espécies frutíferas variadas e mesas comunitárias espalhadas para que os moradores também tenham acesso a esse local de convívio integrado a natureza.

O terreno conta com estacionamento para automóveis, 6 vagas, ou seja, apenas uma vaga por apartamento, e para além disso, conta com quatro estacionamentos de bicicleta, com 4 vagas cada, totalizando 16 vagas para tal.

No piso 1, o primeiro pavimento, temos 2 apartamentos por andar, um T2 e um T3. O apartamento T3 conta com uma área de 115.14m², logo a entrada uma sala social e sala de jantar com 28.10m² e conceito aberto. Logo ao lado, uma cozinha, também aberta, com área de 9.05m². O apartamento ainda conta com um corredor de circulação, que leva para os demais cômodos da habitação, tendo uma área de 13.85m², nesse espaço também há armários para arrumos e/ou roupeiros para guardar itens de cama, mesa e banho. Os quartos se dividem em 1 suíte tendo essa uma área de 16.06m² já incluindo a casa de banho e 2 quartos, um com área de 10.14m² e o outro com 10.84m². A casa de banho comum com 6.81m²e por fim a varanda, com 15.16m². O apartamento T2, possui uma área total de 84.62m², tem logo de entrada o corredor de circulação com 7.84m², que leva aos outros ambientes, como a sala social e de jantar, com conceito aberto e área de 20.65m². Uma cozinha integrada com 8.63m², e logo a segui uma lavanderia, com 3.82m². Os quartos são simples e nenhum deles é suíte, com 10.58m² e 10.40m² de área. Uma única casa de banho, com 5.52m². E por fim, a varanda com 11.57m².

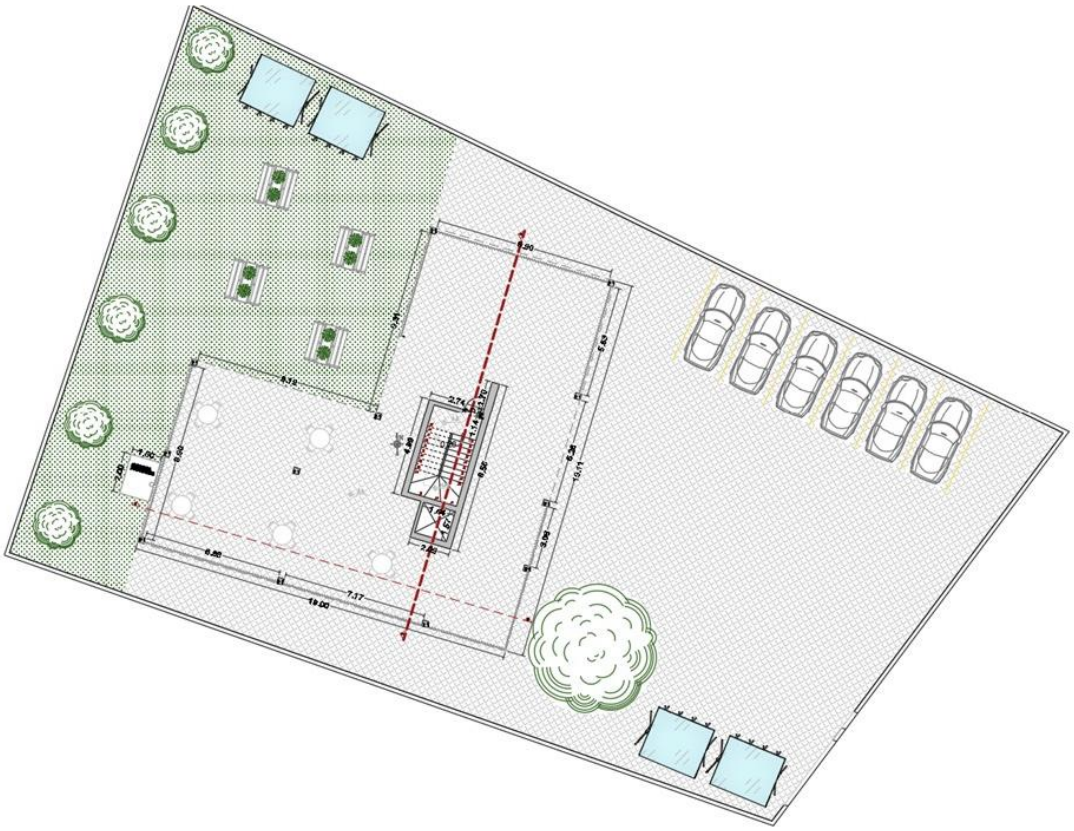


Figura 5.3 – Vista em planta do piso 0

O piso 2 e o piso 3 se repetem iguais ao piso 1, tendo uma laje de 0.40m entre todos os pavimentos.

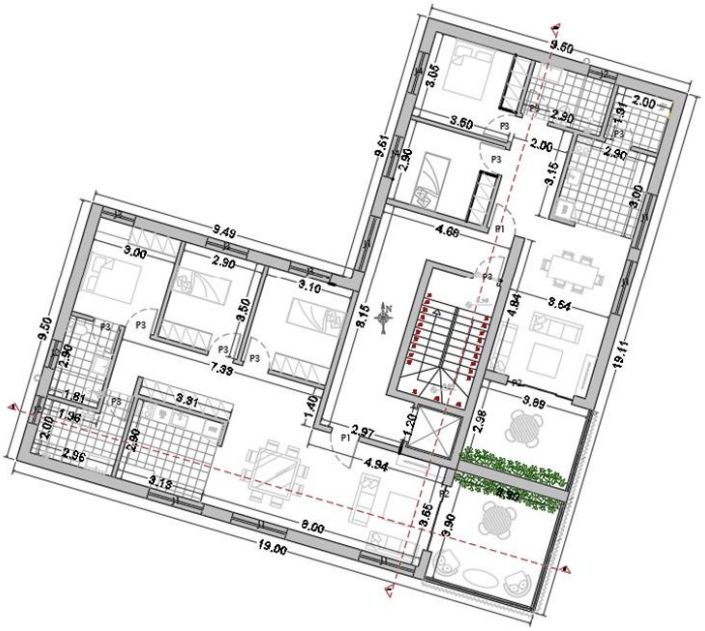


Figura 5.4 – Vista em planta do piso 1

A cobertura existente no projeto é do tipo ajardinada plana. Esse tipo de cobertura leva relvado natural em toda sua área de 246.29m². Esse sistema conta com várias camadas, que evitam infiltrações e mal crescimento das raízes que possam danificar a edificação, também conta com camada de filtragem das águas pluviais para que essas possam ser aproveitadas para fins não potáveis. Essa água depois desce por um cano até uma cisterna subterrânea, onde é armazenada e posteriormente bombeada para os apartamentos na utilização de autoclismos, rega de plantas e etc. Na cobertura também se encontram 24 painéis fotovoltaicos, para opção de uso total ou hibrido no edifício. A cobertura é envolta por uma platibanda com 0.70m de altura.

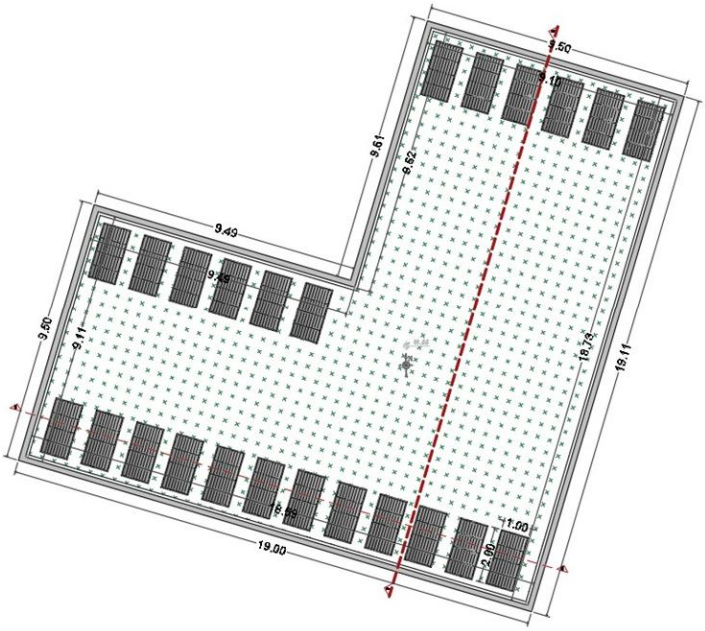


Figura 5.5 – Vista em planta da cobertura

Nas fachadas, encontram-se nos vãos e varandas, os brises móveis em madeira reflorestada, que servem como já supracitado para controle da incidência solar de acordo com o desejo de cada morador, feitos com um material que não é condutor térmico, natural, que traz um visual aconchegante e se integra com a natureza do entorno.

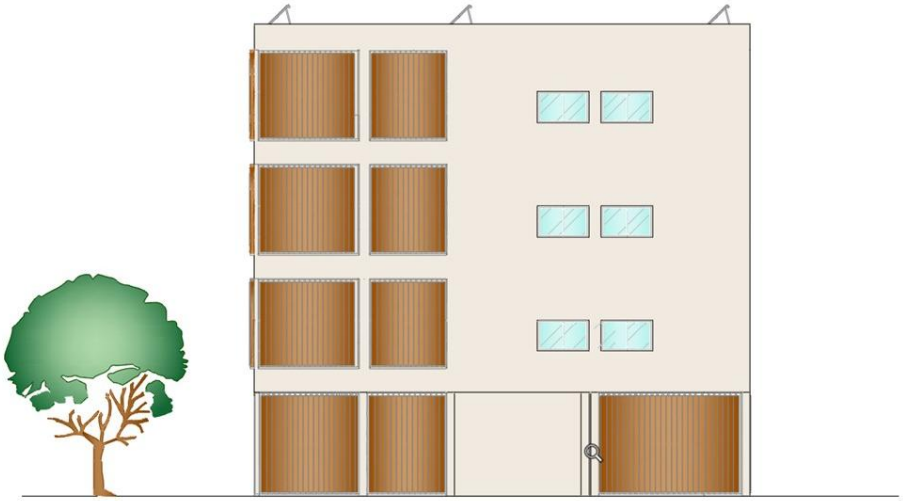


Figura 5.6 – Vista em alçado da fachada oeste (fachada principal)

O objetivo principal do projeto é criar uma edificação sustentável que assegure o conforto dos utilizadores sem comprometer o desempenho ambiental, integrando soluções construtivas e materiais eco eficientes que garantam a durabilidade, economia de recursos e qualidade de vida.

Conceito arquitetónico:

"Sustentabilidade Integrada ao Bem-Estar". O projeto parte da premissa de harmonizar eficiência ambiental e conforto humano, criando espaços que equilibrem responsabilidade ecológica e qualidade de vida. A inspiração surge da bioclimática local, traduzindo-se em estratégias passivas e ativas que respondem ao clima, reduzindo demandas energéticas enquanto promovem saúde e conexão com a natureza.

Partido arquitetónico:

Estratégias Bioclimáticas

- Orientação solar e ventilação cruzada como diretrizes para a disposição dos ambientes, minimizando iluminação e climatização artificiais.
- Cobertura vegetal como isolante térmico e elemento estético, integrada a um sistema de captação de águas pluviais.

Materialidade Sustentável

- Prioridade a materiais naturais, reduzindo a pegada ambiental e melhorando a qualidade do ar interno.

Integração com o Contexto

- Vegetação urbana incorporada ao projeto, reforçando a permeabilidade e o conforto térmico.
- Formas e vãos estrategicamente posicionados para maximizar luz natural e proteção solar.

Linguagem Arquitetónica

- Volumes limpos e integração visual entre interior e exterior.
- Elementos vazados e permeáveis para favorecer fluxos de ar e iluminação.

Resumo Visual:

"Um projeto que traduz sustentabilidade em gestos arquitetónicos: coberturas verdes, materiais brutos e espaços fluidos, onde a eficiência energética e o bem-estar coexistem em sintonia com o entorno."

Diferenciais:

- Soluções passivas como base do design.
- Tecnologias verdes aplicadas de forma discreta e funcional.
- Humanização dos espaços através de materiais saudáveis e conexão com a natureza.

Materiais e Sistemas Construtivos

- **Estrutura:** Betão eco eficiente com agregados reciclados, garantindo resistência, durabilidade e redução da pegada de carbono;
- **Alvenaria:** Betão Celular Autoclavado, pela leveza, isolamento térmico e acústico superiores e menor consumo energético em fabricação;
- **Caixilharia:** Alumínio reciclado combinado com vidros duplos, oferecendo alta durabilidade, eficiência no isolamento térmico e visual contemporâneo, promovendo sustentabilidade, desempenho energético e baixa manutenção.
- **Fachada:** Sistema ETICS com isolamento em cortiça natural, garantindo elevado desempenho térmico e acústico, complementado por brises-soleil em madeira certificada para proteção solar;
- **Climatização:** Piso radiante com isolante de cortiça, integrado com bomba de calor e ventilação natural cruzada, reduzindo o consumo energético e promovendo conforto térmico estável;
- **Revestimentos:** Tintas ecológicas em paredes para minimizar emissão de compostos orgânicos voláteis, grés porcelânico ecológico nas áreas húmidas pela durabilidade e facilidade de manutenção, e piso de madeira certificada nas áreas secas para conforto e estética natural;
- **Cobertura:** O projeto propõe a utilização de um telhado verde plano integrado a um sistema de captação e armazenamento de águas pluviais,

destinado ao uso em atividades não potáveis. Essa solução contribui significativamente para a gestão sustentável da água no ambiente construído. A captação da água da chuva em telhados verdes ocorre de maneira semelhante aos sistemas convencionais, porém apresenta particularidades importantes.

Inicialmente, a água da chuva infiltra-se através do substrato (camada de terra) e da vegetação, o que atua como um filtro natural, removendo impurezas e reduzindo a velocidade do escoamento superficial. Em seguida, a água percola por uma camada de drenagem composta por brita ou placas modulares, a qual tem a função de direcionar o excesso hídrico de forma eficiente para calhas e tubulações. A água drenada é, então, conduzida para um sistema de armazenamento, a cisterna, onde permanece disponível para uso posterior.

Essa água coletada pode ser destinada a diferentes finalidades não potáveis, como a irrigação de áreas verdes, a lavagem de pisos externos ou o uso em descargas sanitárias.

Normas Aplicadas

Para garantir a conformidade técnica, segurança, eficiência e sustentabilidade do projeto, serão consideradas as seguintes normas e regulamentos aplicáveis em Portugal:

- **Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU)** – para requisitos de segurança e habitabilidade;
- **Decreto-Lei n.º 80/2006 e atualizações** – sobre eficiência energética dos edifícios (transposição da Diretiva Europeia 2010/31/UE);
- **Regulamento Técnico de Instalações de Água** – para sistemas de captação e reutilização de águas pluviais;
- **Normas NP EN relativas a materiais de construção** – garantindo qualidade e durabilidade;
- **Selo LiderA** como referência para sustentabilidade.

Este projeto, foi planeado de acordo com o contexto local de Coimbra, respeitando clima, topografia e orientação solar, valorizando o entorno e a qualidade de vida dos futuros moradores.

5.3 Aplicação à Certificação LiderA

Seguindo o exposto no subcapítulo 3.2.3, o método de certificação LiderA possui seis princípios estruturantes. No âmbito do projeto desenvolvido neste trabalho, de forma simplificada, esta secção irá relacionar as opções tomadas no projeto desta moradia multifamiliar com os princípios do método, mostrando, desta forma, que é

possível executar uma construção sustentável certificada com os recursos disponíveis atualmente na sociedade portuguesa.

O edifício está inserido numa zona em que as áreas verdes se mostram muito presentes. Logo, seguindo o primeiro princípio, o piso térreo tem uma vasta área destinada à jardins e, também, uma árvore existente é mantida intacta, como é possível ver nas peças desenhadas em anexo. Além disso, a cor da fachada foi escolhida de modo que o edifício fique integrado na paleta de cores da vizinhança para que se cumpra a ideia de inserção paisagística.

O segundo princípio diz respeito ao uso e gestão de energia, água, materiais e insumos relacionados. Inúmeras decisões foram tomadas para este ponto fosse cumprido: 1) estrutura em betão eco-eficiente para que a pegada de carbono seja reduzida; 2) alvenaria em betão autoclavado para que se mantenha uma boa variação de temperatura nos apartamentos, devido às suas excelentes características térmicas; 3) alumínio reciclado combinado com vidros duplos nas caixilharias e sistema ETICS combinado com brises-soleil pelo mesmo motivo do ponto anterior; 4) piso radiante integrado com bomba de calor e ventilação natural cruzada, pelas bons rácios energia elétrica utilizada sob energia gerada sob forma de calor e 5) solução de telhado verde somada com o sistema de recuperação de águas pluviais mais painéis fotovoltaicos, contribuindo para o reuso das águas naturais e energia solar.

A minimização de cargas ambientais que constitui o terceiro princípio e a qualidade ambiental, quarto princípio, baseiam-se igualmente no exposto no parágrafo anterior.

O quinto e o sexto princípio também são cumpridos à medida que são previstos espaços de reunião, no piso térreo, entre os utilizadores do edifício, materiais de alta amizade ao meio-ambiente, como supracitado, fontes renováveis de água e energia, e também na questão da localização do terreno. A integração do projeto à cidade rege-se, entre outros motivos, pela sua excelente localização visto que, nas redondezas, há escolas, hospitais, farmácias, mini-mercados e supermercados, parques, centro comercial, estádio e pavilhões multiuso, conexão à rede viária de automóveis por meio de vias coletoras e distribuidoras e inúmeras paragens de autocarro. Vale ressaltar também que, quando executado, a linha em desenvolvimento do MetroBus de Coimbra estará funcional nas proximidades.

A análise realizada ao longo deste trabalho evidenciou a correspondência entre as decisões projetuais da moradia multifamiliar em estudo e os seis princípios estruturantes do método de certificação ambiental LiderA. Tal relação encontra respaldo em soluções técnicas, construtivas e urbanísticas alinhadas às diretrizes desse sistema de avaliação da sustentabilidade. Desse modo, a expectativa de enquadramento bem-sucedido do projeto no método LiderA apoia-se numa base projetual sólida.

Em suma, pode-se afirmar que o projeto, ao seguir de forma coerente os referidos princípios, atende não apenas aos critérios técnicos de certificação, mas também expressa uma postura ética e responsável diante dos desafios ambientais

contemporâneos. A sustentabilidade não é aqui tratada como um elemento acessório, mas como diretriz central em todas as etapas do processo construtivo — da conceção à operação. Por isso, é legítimo esperar que esta moradia multifamiliar se destaque como um exemplo de construção sustentável no contexto português atual, demonstrando a viabilidade de alcançar elevados padrões de desempenho ambiental, social e económico.

5.3.1 Avaliação de Parâmetros LiderA aplicados no projeto da presente dissertação

Importa esclarecer que a aplicação do sistema de avaliação LiderA ao presente projeto assume um carácter indicativo e académico, tendo como principal objetivo a compreensão, interpretação e integração dos princípios e critérios do método no processo de conceção do edifício, e não a obtenção de uma certificação formal. A avaliação apresentada baseia-se numa análise predominantemente qualitativa, suportada pela seleção de soluções construtivas e estratégias reconhecidas pelo seu contributo positivo para o desempenho ambiental, energético e de conforto.

A inexistência de simulações e quantificações de diversos parâmetros limita a avaliação LiderA completa. Assim, os níveis de desempenho referidos devem ser interpretados como estimativas de potencial de sustentabilidade, coerentes com a fase de projeto e com o âmbito de um trabalho académico de 2.º ciclo, não substituindo o processo técnico-formal exigido para efeitos de certificação oficial. Os parâmetros que deixaram de ser avaliados neste projeto não têm relevância nesta fase projetual e/ou não foram aprofundados.

P1 – Organização Territorial

O edifício localiza-se numa zona urbana já servida por infraestruturas básicas, nomeadamente redes públicas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (P1.4). Esta condição permite minimizar impactos ambientais associados à construção de novas redes, garantindo uma integração eficiente nos sistemas existentes e contribuindo para a racionalização do uso de recursos e do território, em conformidade com os princípios de sustentabilidade.

O projeto, sendo um edifício multifamiliar inserido num contexto predominantemente habitacional, reforça a coerência urbana e mantém a identidade arquitetónica do local. A sua escala, volumetria e linguagem arquitetónica alinham-se com as características morfológicas e estéticas da vizinhança, evitando ruturas visuais ou funcionais. Além disso, o edifício contribui para a vitalidade do espaço urbano, promovendo a continuidade do tecido residencial e valorizando a identidade local existente. Mesmo sem alterações diretas ao espaço público, o projeto potencializa a integração e a vivência comunitária (P1.6).

A implantação e o layout do edifício foram definidos de forma a respeitar as condicionantes do terreno, otimizar a orientação solar e garantir a compacidade da forma construída, reduzindo perdas térmicas e melhorando o desempenho energético (P1.7).

P1 - Avaliação LiderA: B

P1	Critérios a considerar:	Avaliação		4	0
P1.1	Construção ou inserção em:	14	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P1.2	1. Em áreas urbanas com solo contaminado (antigas fábricas, exemplo do Parque das Nações) as quais deverão ser descontaminadas (3 créditos).	3	N	0	0
P1.3	2. Nos vazios urbanos, nas zonas degradadas ou abandonadas de quarteirões (2 créditos).	2	N	0	0
P1.4	3. Em zonas infraestruturadas de redes de esgotos e água (1 crédito).	1	S	1	0
P1.5	4. Reabilitar em zonas definidas com essa vocação no PDM (2 créditos) em especial nas áreas consideradas prioritárias (acresce 2 créditos).	4	N	0	0
P1.6	5. Contribuir para o espaço público ou identidade do local (2 créditos).	2	S	2	0
P1.7	6. Forma como layout considera as condicionantes, orientações e valoriza o território, requalifica ou assegura a compacidade (2 créditos).	2	S	1	0
P1.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares									
P1	Organização territorial								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos	Satisfaz 6 créditos (abrangendo descontaminação ou restruturação estrutural)	Satisfaz 6 créditos	Satisfaz 5 créditos	Satisfaz 4 créditos	Satisfaz 3 créditos	Satisfaz 2 créditos	Satisfaz 1 crédito	-	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.7 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P1

P2 – Potenciar Funções do Solo

O projeto privilegia a manutenção das funções ecológicas do solo através da utilização de pavimentos permeáveis e de uma cobertura ajardinada. Toda a área exterior é revestida com piso modular drenante com grelhas vegetadas, que permite a infiltração da água pluvial, reduzindo a impermeabilização e o escoamento superficial. Adicionalmente, o telhado verde contribui para a retenção de águas pluviais. Desta forma, o edifício mantém e potencia as funções ambientais e hidrológicas do solo, em conformidade com os objetivos sistema (P2.1).

P2 - Avaliação LiderA: C

P2	Critérios a considerar:	Avaliação		3	0
P2.1	Determinar a percentagem de área permeável do solo face ao total do lote ou área a intencionar.	0 a 100 %	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P2x	Modelo ou cálculo alternativo	3	S	3	0

Limiares

P2	Potenciar funções do Solo								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem de solo permeável (livre)	≥ 80% de solo livre	[70-80[% de solo livre	[60-70[% de solo livre	[50-60[% de solo livre	[40-50[% de solo livre	[30-40[% de solo livre	[20-30[% de solo livre	[10-20[% de solo livre	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.8 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P2

P3 – Valorização Ecológica

No terreno, existe uma árvore adulta de porte significativo, que seria preservada durante a conceção do edifício, evitando a sua derrubada. A manutenção desta, garante a preservação de uma espécie arbórea autóctone ou adaptada, contribuindo para a biodiversidade local, fornecendo sombra, abrigo para fauna e continuidade ecológica no espaço urbano. Esta estratégia reflete o compromisso do projeto com a valorização ecológica do terreno (P3.3).

P3 - Avaliação LiderA: C

P3	Critérios a considerar:	Avaliação		3	0
P3.1	Verificar a percentagem de área verde face à superfície total da zona.	15	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P3.2	1. Nº de espécies autóctones ou adaptadas (apenas arbóreas) mantidas e/ou introduzidas e sua biodiversidade:	0		0	0
P3.3	» [0 - 3] – 1 crédito;	1	S	1	0
P3.4	» [4 - 6] – 2 créditos;	2	N	0	0
P3.5	» [7-- 9] – 3 créditos;	3	N	0	0
P3.6	» [10 - 12] – 4 créditos;	4	N	0	0
P3.7	» >12 – 5 créditos.	5	N	0	0
P3.8	2. Ocupação das espécies contabilizadas anteriormente (contabilizar a área das copas das árvores face à área verde total):	0		0	0
P3.9	» [0-50[% de área - mantém-se a classificação atribuída;	-	S	-	0
P3.10	» [50-100[% de área - adicionam-se 4 créditos aos anteriormente apuradas no nº de espécies.	4	N	0	0
P3.11	3. Assegurar mecanismos de controlo das espécies invasoras (2 créditos).	2	S	2	0
P3.12	4. Mecanismos de manutenção e desenvolvimento da biodiversidade (2 créditos).	2	N	0	0
P3.13	5. Integração das soluções na estratégia regional ou local de biodiversidade (2 créditos).	2	N	0	0
P3.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P3	Valorização ecológica								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem de áreas verdes e Nº de créditos	≥ 60% do lote com áreas verdes e cumprimento de 8 créditos	[50-60[% do lote com zonas verdes e cumprimento de 6 créditos	[40-50[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 5 créditos	[30-40[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 4 créditos	[20-30[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 3 crédito	[10-20[%de áreas verdes no lote e cumprimento de 2 créditos	[0-10[%de áreas verdes e cumprimento de 1 crédito	Verifica-se a existência de 1 crédito negativo	Verifica-se a existência de 2 créditos negativos
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.9 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P3

P4 – Serviços dos Ecossistemas

O projeto integra estratégias que potenciam os serviços dos ecossistemas no local. Arborização, vegetação, espaços verdes permeáveis contidos na área exterior e cobertura verde, que ajuda a reduzir a temperatura superficial, melhora o isolamento térmico, aumenta a retenção de água pluvial. Estas medidas permitem que o projeto amenize o clima local, aumente a sombra e a evapotranspiração, contribuindo de forma significativa para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida urbana (P4.6, P4.9, P4.10, P4.12 e P4.14).

P4 - Avaliação LiderA: A+

P4	Critérios a considerar:	Avaliação		8	0
P4.1	Assegurar um plano para assegurar a biodiversidade a longo prazo e serviços naturais (bonificação).	26	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P4.2	1. Serviços dos ecossistemas assegurados:	0		0	0
P4.3	a) Criação e manutenção de habitats diversos (2 créditos);	2	N	0	0
P4.4	b) Colocação de estruturas (lagos, tocas, ninhos, etc.) que favoreçam o desenvolvimento de espécies, de canais especiais para a passagem de pequenos animais através do solo e redes com aberturas que permitam a circulação de insetos (2 créditos);	2	N	0	0
P4.5	c) Outros serviços (2 créditos);	2	N	0	0
P4.6	d) Amenização do clima e sombras (2 créditos).	2	S	2	0
P4.7	Redução da fragmentação Perímetro de contacto com exterior do lote:	0		0	0
P4.8	2. Desenho das ligações e continuidade através de:	0		0	0
P4.9	» arborização (2 créditos);	2	S	2	0
P4.10	» espaços verdes permeáveis (2 créditos);	2	S	2	0
P4.11	» fachadas verdes (1 crédito);	1	N	0	0
P4.12	» coberturas verdes (1 crédito).	1	S	1	0
P4.13	3. Número e abrangência das ligações: (valores referentes a ligações verdes até metade do lote, se o atravessar completamente duplica os valores)	0		0	0
P4.14	» 1 ligação (1 crédito);	1	S	1	0
P4.15	» 2-4 ligações (2 créditos);	2	N	0	0
P4.16	» mais do que 4 ligações (3 créditos).	3	N	0	0
P4.17	4. Potenciar os vários serviços dos ecossistemas (4 créditos).	4	N	0	0
P4.18	5. Quantificação e Informação sobre os serviços dos ecossistemas assegurados (2 créditos por cada).	2 ou mais	N	0	0
P4.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares									
P4	Serviços dos ecossistemas								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos e perímetro de contacto com exterior do lote	» Satisfaz pelo menos 10 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [80 - 100[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 8 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [60-80[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 4 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [40 - 60[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 3 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [20 - 40[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 2 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [10 - 20[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 1 crédito »Perímetro de contacto dos corredores [0 - 10[% com os limites do lote	» Não cumpre nenhuma das medidas.	-	-
Fator	1,6	1	2	1,6	1,33	1,14	1	0,88	0,8

Figura 5.10 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P4

P5 – Valorização da Paisagem

O edifício foi concebido com altura compatível com a média do entorno (P5.2), garantindo coerência com a escala urbana da vizinhança (P5.3). A sua implantação e volumetria respeitam as características locais, integrando-se visualmente na

circundante sem criar impacto negativo ou romper o padrão local, o que contribui para a harmonia visual, assim como a paleta de cores neutras, que não fogem aos tons predominantes dos edifícios que rodeiam (P5.5, P5.6 e P5.7).

P5 - Avaliação LiderA: A

P5	Critérios a considerar:	Avaliação		4	0
P5.1	1. Volumetria:	6	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P5.2	a) altura semelhantes à média existente no local (altura 2 pisos superior ou inferior à média do quarteirão);	1	S	1	0
P5.3	b) inserção visual na circundante (numa área montanhosa a construção tipicamente montanhosa, construção no Alentejo com construção tipicamente alentejana, construção numa zona histórica ou manter o tipo de fachada da área, etc.).	1	S	1	0
P5.4	2. Cores e Materiais:	1		0	0
P5.5	a) A utilização de uma palete de cores dentro das existentes no local;	0	S	0	0
P5.6	b) Utilização de materiais de acordo com os tipicamente utilizados na circundante.	1	S	1	0
P5.7	3. Criar condições de valorização estética da paisagem (contribuição para a malha urbana)	3	S	1	0
P5.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares									
P5	Valorização da paisagem								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos aplicados	Cumprimento para mais de 6 parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 6 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 4 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 3 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 2 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para um dos parâmetros aplicáveis (exceto as cores)	Cumprimento da integração para a palete de cores	Não há cumprimento de nenhum dos parâmetros aplicáveis	-
Fator	10	4	2	1,6	1,32	1,24	1	0,88	0,8

Figura 5.11 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P5

P7 – Desempenho Passivo

O edifício foi implantado de forma estratégica, tirando partido das condicionantes naturais do terreno e da orientação solar, o que resulta numa disposição favorável que otimiza o conforto térmico e a eficiência energética. A orientação predominante a sul permite o aproveitamento da radiação solar nos meses mais frios, reduzindo a necessidade de aquecimento, enquanto possibilita o controlo eficaz dos ganhos térmicos durante o verão por meio de sombreamentos adequados (P7.2, P7.3 e P7.4). A aplicação de isolamento térmico contínuo, com destaque para a utilização de cortiça nas fachadas, contribui significativamente para a redução das trocas de calor com o exterior, assegurando um desempenho térmico eficiente e promovendo o conforto ao longo de todo o ano (P7.6, P7.7 e P7.8).

O sistema de vãos envidraçados, composto por vidros triplos de elevado desempenho e caixilharias com corte térmico e excelente estanquicidade, garante o controlo de ganhos solares indesejados e evita infiltrações de ar (P7.10, P7.11, P7.12 e P.13). A proporção e a disposição das aberturas foram cuidadosamente planeadas para maximizar a iluminação natural sem comprometer o conforto térmico, complementadas pela utilização de brises-soleil, que contribuem para a gestão adequada da luz natural no interior do edifício. Além disso, a ventilação natural

cruzada assegura a renovação eficiente do ar interior, elevando a qualidade ambiental e o bem-estar dos ocupantes (P7.15).

O projeto integra ainda sistemas passivos complementares, que incluem soluções de aproveitamento solar indireto e estratégias de armazenamento térmico, reforçando o desempenho energético global do edifício e consolidando a sua abordagem sustentável.

P7 - Avaliação LiderA: A+

P7	Critérios a considerar:	Avaliação		17	0
P7.1	Opção 1 - Prescritiva: Listar todas as medidas implementadas como forma de redução dos gastos energéticos, apurando os seus benefícios - Parâmetros aplicáveis:	23	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P7.2	1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais (1 crédito);	1	S	1	0
P7.3	2. Orientação a sul (1 crédito se for em [0 – 25]% das divisões principais, 2 créditos em]25 – 50]% das divisões; 3 créditos em]50 – 75]% das divisões; 4 créditos em]75 – 100]% das divisões principais);	2	S	2	0
P7.4	3. Fator forma (que garanta o menor rácio A envolvente/Volume interior), pelo menos 1,21 – 1 crédito;	1	S	1	0
P7.5	4.Isolamentos:	0		0	0
P7.6	a) Isolamento térmico adequado (mínimo parede dupla com 6 cm de isolamento) – 1 crédito, se for exterior – 2 créditos;	2	S	2	0
P7.7	b) Isolamento adequado na cobertura (1 crédito).	1	S	1	0
P7.8	5. Massa térmica da estrutura média a forte (1 crédito), ou seja utilização na estrutura ou mesmo no interior de elementos de inércia forte: adobe, terra, alvenaria de betão, massas de acumulação de água, elementos maciços;	1	S	1	0
P7.9	6. Vãos:	0		0	0
P7.10	a) Sombreamento interior, (1 crédito se for em [0 – 50]% dos vãos envidraçados, 2 créditos em]50 – 100]% dos vãos envidraçados) se for exterior contabilizar o dobro das créditos quantificadas;	2	S	2	0
P7.11	b) Vidros: (duplos e com coeficiente de transmissão térmica adequado (de acordo com o REH), ou vãos envidraçados de bom desempenho) – 1 crédito;	1	S	1	0
P7.12	c) Caixilharia (com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (de acordo com o REH)) – 1 crédito;	1	S	1	0
P7.13	d) Fenestração seletiva (tanto ao nível da Área envidraçada vs. orientação, como Avãos/Apavimento) (1 crédito).	1	S	1	0
P7.14	7. Minimização ou eliminação de pontes térmicas (1 crédito);	1	S	1	0
P7.15	8. Ventilação adequada (1 crédito), ou seja natural cruzada. Estratégia de ventilação.	1	S	1	0
P7.16	9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (1 crédito se for em [0 – 50]% das divisões principais, 2 créditos]50 – 100]% das divisões).	2	N	0	0
P7.17	10. Estratégia de iluminação diurna para mais de 80 % das zonas (2 créditos).	2	S	2	0
P7.18	Opção 2 - Desempenho passivo bioclimático Classificação Passive House A+; Ou classificação no PHPP, se conjugado com soluções opcionais de ventilação natural A++.	0	N	0	0
P7.19	Opção 3 - Percentagem do edifício com comportamento bioclimático comprovado em modelo preferencialmente dinâmico (escala fatores das classes do LiderA).	0	N	0	0
P7.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P7	Desempenho passivo								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos ou certificação da Passive House	Cumprimento de 18 créditos ou mais que não as apresentadas na lista, sendo que pelo menos 6 créditos são devidas a orientação a sul e/ou isolamento e fenestração	Cumprimento de 15 créditos, sendo que pelo menos 4 créditos são devidas a orientação a sul, fenestração e/ou isolamento	Cumprimento de 12 créditos, sendo que pelo menos 2 créditos é devida a orientação a sul ou isolamento	Cumprimento de 8 créditos	Cumprimento de 6 créditos	Cumprimento de 4 créditos	Cumprimento de 2 créditos	Cumprimento de 1 crédito	Nenhum crédito
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.12 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P7

P10 – Uso Ponderado de Água

O projeto foi desenvolvido com o objetivo de reduzir de alguma forma as necessidades hídricas do edifício, adotando soluções que promovem a utilização eficiente e responsável da água (P10.2) Foram implementados sistemas que

asseguram a redução do consumo de água potável, contribuindo para a sustentabilidade global do empreendimento e alinhando-se com as boas práticas de gestão dos recursos naturais (P10.4).

Entre as medidas adotadas destacam-se a instalação de torneiras com redutores de caudal, que limitam o desperdício e otimizam o uso da água sem comprometer o conforto dos utilizadores (P10.4) Os equipamentos sanitários selecionados apresentam elevada eficiência hídrica, contribuindo para o uso racional do recurso (P10.5). O sistema de autoclismos de dupla descarga permite ajustar o volume de água utilizado conforme a necessidade, reforçando a economia e o controlo do consumo (P10.6).

Adicionalmente, foi previsto o aproveitamento de águas pluviais para usos secundários, como rega e lavagem de pavimentos, reduzindo a dependência da rede pública de abastecimento (P10.8).

P10 - Avaliação LiderA: A++

P 10	Critérios a considerar:	Avaliação		21	0
P10.1	Reduzir as necessidades hídricas no edificado e exterior	33	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P10.2	Reduzir os níveis de consumo de água potável como objetivo principal e secundário reduzir outros usos. Estudos no projeto que efetuem a sua consideração (3 créditos);	3	S	3	0
P10.3	Lista de soluções a implementar (1 crédito por cada, quando se verifique em mais de 75% dos casos, mais um credito no caso em que os produtos tem certificação de classe A, dois se tiverem classe A+ e três se tiverem classe A++):	0		0	0
P10.4	1. Uso de torneiras misturadoras e redutores de caudal;	3	S	3	0
P10.5	2. Equipamentos eficientes;	3	S	3	0
P10.6	3. Autoclismo de dupla descarga;	3	S	3	0
P10.7	4. Sistema sanitário "waterless";	3	S	3	0
P10.8	5. Utilização de águas pluviais para consumo secundário;	3	S	3	0
P10.9	6a. Sistemas de monitorização (além dos contadores de água e acessibilidade aos utilizadores);	3	S	3	0
P10.10	6b. Sistemas de deteção de fugas com elevada periodicidade (hora) e modos de prevenção;	3	N	0	0
P10.11	6c. Sistema de controlo e corte por zona (isolamento das fugas);	3	N	0	0
P10.12	7. Sistema de rega automatizado e eficiente (manutenção regular, gota-a-gota);	3	N	0	0
P10.13	8. Sistemas separativos para potencial reciclagem de águas cinzentas e negras (3 créditos).	3	N	0	0
P10.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 10	Uso ponderado de água								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Níveis de consumo água potável (l/hab.dia) ou l/m2 e nº de créditos	[0 - 19 ou 85 %[e/ou cumprimento de, pelo menos, 8 créditos	[19 - 47,5[e/ou cumprimento de 6 créditos	[47,5 - 95[e cumprimento de 5 créditos	[95 - 119[e/ou cumprimento de 3 créditos	[119 - 142,5[e/ou cumprimento de 2 créditos	[143,5 - 167[e/ou cumprimento de 1 crédito	[167 - 190[	[190 - 214[	≥ 214
Fator	10	4	2	1,6	1,43	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.13 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P10

P11 – Gestão da Água Local

O projeto adota uma abordagem integrada à gestão das águas locais, com foco na retenção e reutilização das águas pluviais para fins não potáveis. Foi implementado um sistema de cisterna para o armazenamento de água pluvial, que permite a retenção e tratamento da água antes de ser utilizada em atividades, que já foram supracitadas, como rega de jardins, limpeza de pavimentos e outros usos secundários, reduzindo significativamente a dependência de água potável (P11.2, P11.3, P11.4 e P11.5). Além disso, a cobertura verde contribui para a absorção e retenção das águas pluviais, atuando como uma solução de drenagem natural que desacelera o escoamento superficial e promove a infiltração gradual da água no solo (P11.7 e P11.8).

P11 - Avaliação LiderA: A++

P 11	Critérios a considerar:	Avaliação		10	0
P11.1	Gestão de águas pluviais e locais no edifício e lote:	11	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P11.2	1. Plano de gestão de águas locais com filtração (1 crédito);	1	S	1	0
P11.3	2. Retenção, tratamento de águas (se necessário) e descarga de águas de escorrência no local (2 créditos); drenagem de um sistema próprio que não o municipal (1 crédito);	2	S	2	0
P11.4	3. Recolha de águas pluviais nas áreas impermeabilizadas onde não ocorra circulação, nomeadamente na cobertura, telhado com terraços sem utilização, entre outros (1 crédito);	1	S	1	0
P11.5	4. Utilização da mesma para rega, recirculação, lavagem de pavimentos, entre outros (1 crédito);	1	S	1	0
P11.6	5. Utilização de lagos de sedimentação, piscinas, bacias de infiltração ou pântanos (1 crédito).	1	N	0	0
P11.7	6. Implementação de sistemas de drenagem sustentáveis (3 créditos)	3	S	3	0
P11.8	7. Controlo das escorrências e caudal sólido (2 créditos)	2	S	2	0
P11.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares									
P 11	Gestão da água local								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem do consumo total, proveniente de águas pluviais em litros/hab.dia (percentagem ou equivalente), no edifício N.º de créditos	» [90 - 100]% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 5 das medidas referidas, sendo obrigatório o tratamento e direcionamento (> 50% para ambos) para bacias próprias.	» [75 - 90[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 4 das medidas referidas, entre as quais, uma de tratamento e direcionamento para bacia ou semelhante.	» [50 - 75[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 3 das medidas referidas: entre as quais, uma de tratamento e direcionamento para bacia ou semelhante.	» [37,5 - 50[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 2 das medidas referidas.	» [25 - 37,5[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de pelo menos 1 das medidas referidas.	» [12,5 - 25[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	» [0 - 12,5[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	» [0 - 12,5[% de aumento da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	≥ 12,5 de aumento da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.14 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P11

P12 – Produtos e Materiais de Origem Responsável

A seleção dos materiais e produtos utilizados neste projeto foi orientada por critérios de sustentabilidade, privilegiando origens locais e características ambientais

comprovadas, de forma a reduzir os impactes associados ao transporte, à extração de matérias-primas e ao ciclo de vida dos materiais (P12.3)

A madeira utilizada provém de fornecedores com certificação de gestão florestal sustentável (FSC), garantindo a rastreabilidade da origem e a preservação dos ecossistemas florestais (P12.10).

As tintas e vernizes aplicados são de baixa emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), reduzindo os impactes ambientais e melhorando a qualidade do ar interior (P12.7).

P 12- Avaliação LiderA: A++

P 12	Critérios a considerar:	Avaliação		54	0
P12.1	Percentagem de materiais, face ao total utilizado de origem responsável (de baixo impacte, certificados ou produzidos localmente com cuidados ambientais)	50	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P12.2	Por medidas prescritivas (número de créditos):	0		0	0
P12.3	Materiais e produtos de origem local (% peso ou valor económico): 1 crédito por cada 5 % de materiais provenientes até 150 km ou 10 % a nível nacional (para ser considerar local tem que ter uma taxa de incorporação de material ou valor superior a 50 %).	10	S	10	0
P12.4	Materiais com preocupações ambientais comprovadas e/ou baixo impacte: (evidencia de estudos ou elementos)	0		0	0
P12.5	» Produtos com Declarações Ambientais de Produto (nº de DAPs) 1 crédito por DAP até ao máximo de 10;	10	S	10	0
P12.6	» Produtos com Avaliações de Ciclo de Vida: 1 crédito por ACV até ao máximo de 5;	5	S	5	0
P12.7	» Identificação e divulgação dos conteúdos e de baixo impactes em parâmetros relevantes* 1 crédito por produto até ao máximo de 5 (Exemplo: Tintas, colas e selantes com reduzidos teores em COVs).	5	S	5	0
P12.8	Percentagem de materiais com critérios positivos (origem natural, conteúdo reciclado e outros*): 1 crédito por cada 5 % de materiais em peso até ao limite de 10.	10	S	10	0
P12.9	Percentagem de materiais evitados por critérios negativos (medidas para ou valores em que reduzem ou evitar produtos com materiais tóxicos*): 1 crédito por cada 10 % de materiais em peso até ao limite de 10 créditos. Por exemplo: Chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, benzeno, solventes clorados,	10	S	10	0
P12.10	Produtos certificados (rótulo ecológico, FSC, outros*, ou produtos acreditados pelo LiderA): 1 crédito por produto.	4	S	4	0
P12.11	* Os elementos em aberto devem ser propostos para aprovação à equipa técnico de coordenação do LiderA (incluindo a possibilidade de acreditação pelo LiderA)	0		0	0
P12.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 12	Produtos e materiais de origem responsável								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
% (kg/kg) dos materiais previsto a utilizar. Percentagem de materiais considerados responsáveis OU por modo prescritivo (nº de créditos)	[90 - 100] % > 20	[75 - 90[% 15	[50 - 75[% 10	[37,5 - 50[% 8	[25 - 37,5[% 6	[12,5 - 25[% 4	[10 - 12,5[% 2	[5- 10[% Se presença de amianto ou de um outro produto perigoso ou de elevado risco	[0-5[% Se presença mais de que um produto perigoso ou de elevado risco
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.15 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P12

P17 – Gestão de Ruído

O edifício adota soluções construtivas que asseguram uma redução eficaz da transmissão sonora, promovendo o conforto acústico interior (P17.2).

As fachadas exteriores são executadas com sistema ETICS utilizando isolamento em cortiça natural, material de origem renovável que apresenta boas propriedades de absorção acústica, contribuindo para a diminuição do ruído proveniente do exterior (P17.10).

Esta solução permite melhorar o isolamento entre o ambiente exterior e os espaços interiores, reduzindo a propagação de sons e assegurando melhores condições de bem-estar e habitabilidade.

P17 - Avaliação LiderA: B

P 17	Critérios a considerar:	Avaliação		5	0
P17.1	Reduzir o ruído centrado nas fontes:	32	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P17.2	Implementar soluções para reduzir as emissões de ruído para o exterior:	3	S	3	0
P17.3	1. Equipamentos:	2	N	0	0
P17.4	a) Equipamentos no interior silenciosos (potência sonora inferior a 50dB) (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	1	N	0	0
P17.5	b) Equipamentos no exterior silenciosos (potência sonora inferior a 50dB) (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	4	N	0	0
P17.6	2. Equipamentos no exterior silenciosos (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	2	N	0	0
P17.7	3. Elementos de redução de ruído nos equipamentos (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 4 créditos)	2	N	0	0
P17.8	4. Localização adequada de equipamentos que produzem ruído (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% - 4 créditos)	-	N	0	0
P17.9	5. Deflectores que reduzam a propagação do som (até 50% dos equipamentos que produzem ruído – 1 crédito, mais de 50% - 2 créditos)	) a 100 %	N	0	0
P17.10	6. Colocação de isolamentos adequados nas paredes interiores ou exteriores envolventes aos equipamentos que emitem ruídos (1 crédito entre [0 – 25]% das paredes, 2 créditos entre]25 – 50]% , 3 créditos entre]50 – 75]%, 4 créditos entre]75 – 100]%)	2	S	2	0
P17.11	Soluções de redução de ruído nas fontes externas (vias rodoviárias ou outras (próximas de atividades: até 25 % - 3 créditos; até 50 % 6 créditos, até 75% - 9 créditos; se superior a 75 % - 12 créditos; Outras reduções em fontes - 1 a 4 função da percentagem;	15	N	0	0
P17.x	Modelo ou cálculo alternativo	0		0	0

Limiares

P 17	Gestão do ruído								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº créditos	Foram implementadas ≥ 13 créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [11 - 13[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [7 - 11[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [5 - 7[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [4 - 5[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [2 - 4[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre]0 - 2[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Não foram implementadas quaisquer medidas com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.16 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P13

P19 – Gestão de Outras Cargas Ambientais

O projeto incorpora diversas estratégias para minimizar os impactes ambientais locais, nomeadamente a redução de superfícies impermeáveis, o uso de materiais adequados ao clima, e a integração de vegetação, contribuindo para o conforto térmico e ambiental do conjunto edificado.

As áreas exteriores foram projetadas com pavimentos permeáveis e zonas ajardinadas, favorecendo a infiltração natural das águas pluviais e reduzindo o escoamento superficial. Esta opção contribui para a recarga do solo e para a mitigação de problemas associados à impermeabilização excessiva (P19.4).

Adicionalmente, o edifício foi implantado de forma a manter uma boa relação entre os volumes construídos e as áreas livres, permitindo circulação de ar adequada e a renovação natural do ar entre os edifícios, promovendo conforto térmico passivo (P19.12).

P19 - Avaliação LiderA: B

P 19	Critérios a considerar:	Avaliação		13	0
P19.1	Efeitos térmicos (cada medida implementada até 50% de área - 1 crédito, mais que 50% de área - 2 créditos):	24	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P19.2	1.No exterior:	0		0	0
P19.3	a) Colocação de sombras sobre as áreas impermeáveis e/ou escuras;	1	S	1	0
P19.4	b) Minimização das superfícies impermeáveis: das vias, passeios e parques de estacionamento exteriores;	2	S	2	0
P19.5	c) Existência de estacionamento subterrâneo ou à superfície com sombreamento ao invés do estacionamento a céu aberto;	2	N	0	0
P19.6	d) No exterior, aplicação de materiais de construção adequados às condições climatéricas locais. Ter em conta: refletância (albedo); emissividade (radiação térmica);	2	S	2	0
P19.7	e) Presença de arborização;	2	S	2	0
P19.8	f) Existência de corpos hídricos com médio/elevado impacte na redução da(s) temperatura(s) locai(s) (1 crédito).	2	N	0	0
P19.9	2. No Edificado:	0		0	0
P19.10	a) Fachadas, coberturas e/ou telhado, passeios/espaços comuns exteriores (1 crédito por cada elemento com cores claras OU 2 créditos por cada elemento com vegetação);	4	S	4	0
P19.11	b) Disposição e morfologia adequada do edifício em relação às brisas/ventos locais predominantes (1 crédito);	2	N	0	0
P19.12	c) Existência de uma relação adequada entre os edifícios envolventes que permita a circulação de ar entre eles. Quanto > é a área livre entre eles > é o efeito de atenuação da "ilha de calor" (1 crédito).	2	S	2	0
P19.13	Efeitos luminosos (cada medida implementada até 50% - 1 crédito, mais que 50% - 2 créditos):	0	N	0	0
P19.14	3. Utilização de luminárias com intensidade adequada e cuja projeção de luz incida somente na área a iluminar pretendida;	2	N	0	0
P19.15	4. Controlo do tipo de iluminação passível de prejudicar habitats humanos e naturais (ex: publicidade, painéis luminosos);	2	N	0	0
P19.16	5. Possibilidade de controlo da iluminação: intensidade e horários de iluminação.	2	N	0	0
P19.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 19	Gestão de outras cargas ambientais								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº créditos	Implementaram-se ≥ 20 créditos, e pelo menos 4 créditos na iluminação	Implementaram-se entre [17 - 20[créditos, e pelo menos 2 créditos na iluminação	Implementaram-se entre [14 - 17[créditos, e pelo menos 1 crédito na iluminação	Implementaram-se entre [11 - 14[créditos	Implementaram-se entre [8 - 11[créditos	Implementaram-se entre [4 - 8[créditos	Implementaram-se entre [0 - 4[créditos	-	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.17 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P14

P24 – Mobilidade Ativa

O projeto incentiva a mobilidade ativa e sustentável, através da criação de condições adequadas à circulação pedonal e cicláve (P24.4).

O edifício dispõe ainda de zona de parqueamento para bicicletas, dimensionada para responder à procura prevista e localizada de forma prática e protegida, incentivando o uso de meios de transporte não motorizados (P24.9).

Estas medidas contribuem para a redução da dependência automóvel, a melhoria da qualidade ambiental e a promoção de hábitos de mobilidade saudável.

P24 - Avaliação LiderA: B

P 24	Critérios a considerar:	Avaliação		8	0
P24.1	Medidas a aplicar:	20	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P24.2	Plano de análise dos melhores caminhos e otimização para mobilidade ativa (4 créditos)	4	N	0	0
P24.3	1. Caminhos pedonais:	0		0	0
P24.4	a) se existirem junto ao edifício (1 crédito);	1	S	1	0
P24.5	b) se as dimensões forem adequadas ao fluxo de pessoas que, porventura, realizarão diariamente esse trajeto (2 créditos);	1	S	1	0
P24.6	c) se forem totalmente pedonais (3 créditos).	1	N	0	0
P24.7	2. Ciclovias num raio de 100m (1 crédito);	1	N	0	0
P24.8	3.Para cada um dos seguintes dois pontos atribuir 2 créditos se a medida afetar até 50% dos habitantes/utilizadores e 3 créditos se afetar mais do que 50%:	0		0	0
P24.9	a) Parqueamento de bicicletas;	3	S	3	0
P24.10	b) se as dimensões forem adequadas ao fluxo de pessoas que, porventura, realizarão diariamente esse trajeto (2 créditos).	3	S	3	0
P24.11	4. Existência de lugares de estacionamento exclusivos para veículos ecológicos (2 créditos);	2	N	0	0
P24.12	5. Posto de carregamento de veículos elétricos (2 créditos);	2	N	0	0
P24.13	6. Serviços de transferes (1 crédito);	1	N	0	0
P24.14	7. Contrato serviço de soluções de mobilidade ativa (1 crédito) ou baixo impacte (1 crédito);	1	N	0	0
P24.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares									
P 24	Mobilidade ativa								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos	Implementaram-se 15 créditos	Implementaram-se 12 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 9 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 7 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 5 créditos (incluindo o ponto 1)	Foi implementado apenas 3 créditos (incluindo o ponto 1)	Cumprimentos do ponto 1	Acessos pedonais muito precários e inseguros	Inexistência de acessos pedonais
Fator	10	4	2	1,6	1,32	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.18 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P15

P31 – Amenidades Amigáveis

O edifício localiza-se numa área urbana consolidada, bem servida por amenidades humanas e serviços essenciais, o que favorece a qualidade de vida dos utilizadores e reduz a dependência do automóvel (P31.10).

Nas proximidades existem comércios de bens alimentares, incluindo lojas de produtos locais, bem como farmácia, escola de ensino básico, parque infantil e

serviços públicos, como esquadra da P.S.P (P31.11, P31.12, P31.13, P31.15 P31.17, P31.19 e P31.20)

A área é ainda servida por transportes públicos regulares, garantindo uma ligação eficiente ao restante tecido urbano (P31.18).

Esta localização privilegiada proporciona acesso pedonal fácil e seguro a múltiplas amenidades, incentivando uma mobilidade sustentável, a vida de bairro ativa e o bem-estar social.

P31 - Avaliação LiderA: C

P 31	Critérios a considerar:	Avaliação		8	0
P31.1	Contabilizar n.º de amenidades naturais e humanas acessíveis a pé:	20	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P31.2	1. Amenidades naturais existentes:	0		0	0
P31.3	» Parque urbano (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.4	» Área florestal natural/bosque (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.5	» rio (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.6	» charco temporário (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.7	» lago (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.8	» mar (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.9	» ecopista, ecovia, ciclovia (1 amenidade).	1	N	0	0
P31.10	2. Amenidades humanas existentes:	0		0	0
P31.11	» Loja de géneros alimentares (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.12	» Loja produtos alimentares locais (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.13	» Farmácia (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.14	» Unidade de saúde publica (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.15	» Infantário, Escola primária e/ou secundária (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.16	» Posto de bombeiros (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.17	» Esquadra de P.S.P. (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.18	» Transportes públicos frequentes, mínimo 6 horários/ida (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.19	» Parque infantil (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.20	» Loja de bricolage (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.21	» Estação ferroviária, rodoviária, marítima (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.22	» Posto de correios (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.23	» Banco (1 amenidade).	1	N	0	0
P31.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 31	Amenidades amigáveis								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº amenidades existentes	Existência de + de 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de géneros alimentares e farmácia, e a existência de pelo menos 5 amenidades naturais até 500m	Existência de mais de 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de géneros alimentares e farmácia, com a existência de pelo menos 4 amenidades naturais até 500m	Existência de 3 a 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de géneros alimentares, e existência de 3 amenidades naturais até 500m	Existência de pelo menos 3 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de géneros alimentares, com existência de 2 amenidades naturais até 1000m	Existência de pelo menos 3 amenidades humanas e existência de 1 amenidades naturais até 1000m	Existem até 3 amenidades humanas e/ou naturais a uma distância de 500m	Existem até 3 amenidades humanas e/ou naturais a uma distância de 1000m	Não existem quaisquer amenidades (humanas ou naturais) a uma distância de pelo menos 500m	Não existem quaisquer amenidades (humanas ou naturais) a uma distância de pelo menos 1000m
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.19 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P16

P33 – Baixos Custos no Ciclo de Vida

O projeto adota sistemas eficientes de poupança de energia e água. Foram selecionados materiais duráveis, resistentes e recicláveis, como alumínio, aço e madeira certificada, garantindo baixo custo de manutenção e elevada longevidade (P33.5, P33.6 e P33.7). A aplicação correta dos materiais, conforme as suas propriedades, assegura desempenho e durabilidade, enquanto a contratação dinâmica de energia verde permite reduzir custos operacionais e dependência de fontes fósseis (P33.8 e P33.10).

P33 - Avaliação LiderA: A

P 33	Critérios a considerar:	Avaliação		6	0
P33.1	Promover soluções com um balanço positivo no ciclo de vida de procura da sustentabilidade	22	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P33.2	Efetuar os custos no ciclo de vida no planeamento ou projeto num horizonte de vida 50 anos (2 créditos). Se inclui um processo de otimização dos custos no ciclo de vida (2 créditos).	4	N	0	0
P33.3	Soluções de elevado desempenho ambiental com reduzidos custos de operação (se disponível valor de custo de operação por m2), ou medidas a aplicar:	2	N	0	0
P33.4	1. Seleção de equipamentos com baixos custos de funcionamento (ex. iluminação: uso da lâmpadas/luminárias de baixo consumo), frigorífico e outros, (até 50% dos sistemas: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	2	N	0	0
P33.5	2. Sistemas de poupança de energia e água (até 50% dos sistemas: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.6	3. Escolha adequada de materiais duráveis e resistentes com elevado tempo de vida útil (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.7	4. Uso de materiais com alto aproveitamento na reciclagem (alumínio, ferro e madeira) (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	2	S	2	0
P33.8	5. Correta aplicação dos materiais de acordo com as suas durabilidades e com as exigências a que estão submetidos (1 crédito).	1	S	1	0
P33.9	6. Seleção de materiais e sistemas de fácil manutenção (ex.: uso da foto catálise em materiais autolimpantes), (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	2	N	0	0
P33.10	7. Sistemas de dinâmicos em tempo real, de contratação de energia verde (ou de baixo impacte), podendo efetuar a sua aquisição em momentos de custos mais reduzidos (1 crédito).	1	S	1	0
P33.11	8. Instalação de contador para água potável e água de outros usos (rega, etc.) (1 crédito).	1	N	0	0
P33.12	9. Soluções de custos controlados documentada considerando bom desempenho ambiental (2 créditos), se evidenciar um análise geral acresce 1 crédito.	3	N	0	0
P33.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 33	Baixos custos no ciclo de vida								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
nº de créditos (Euros/m2)	Implementaram-se pelo menos 10 créditos	Implementaram-se 7 créditos	Implementaram-se 5 créditos	Implementaram-se 4 créditos	Implementaram-se 3 créditos	Implementaram-se 2 créditos	Implementaram-se 1 créditos	-	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.20 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P17

P38 – Manutenção e Gestão para sustentabilidade

O edifício dispõe de sistemas de controlo ambiental que otimizam as condições interiores e exteriores, garantindo conforto e eficiência energética. A ventilação natural e artificial, o sombreamento e a iluminação são controláveis manual ou mecanicamente (através também da abertura/fecho dos brises soleis). Permitindo o controlo da temperatura, humidade e iluminação (P38.5 até P38.23). Está previsto um plano de manutenção estruturado e responsáveis pela gestão e manutenção, assim como, protocolos de avaliação após a ocupação e indicadores de monitorização.

P38 - Avaliação LiderA: A++

P 38	Critérios a considerar:	Avaliação		28	0
P38.1	Quantificação das medidas que visam dotar os utentes de capacidade de controlo.	41	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P38.2	Receção de soluções com procedimentos sistemático de comissionamento e teste de desempenho (2 créditos).	2	N	0	0
P38.3	Serviços, inspeção e atualização dos elementos existentes (memórias, peças desenhadas) periódicos (verificação anual) (2 créditos) se BIM (4 créditos).	4	N	0	0
P38.4	1. EXTERIOR - Uma crédito para cada um dos aspetos controlados em pelo menos 50% da área:	0		0	0
P38.5	a) vento;	1	S	1	0
P38.6	b) sombreamento;	1	S	1	0
P38.7	c) iluminação (natural ou artificial).	1	S	1	0
P38.8	2. ÁREAS INTERIORES (divisões principais) créditos para a controlabilidade:	0		0	0
P38.9	(legenda: Mo – mecânico sem programação, Ma – manual, Mp – mecânico programável; S - por sensor (automática)	0		0	0
P38.10	a) Temperatura: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.11	b) Humidade: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.12	c) Ventilação natural: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.13	d) Ventilação artificial: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	3	S	3	0
P38.14	e) Sombreamento de vãos envidraçados: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.15	f) Iluminação artificial: se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.16	g) Iluminação natural: se Mo – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos.	2	S	2	0
P38.17	3. ÁREAS INTERIORES (wc's e áreas de passagem)	0		0	0
P38.18	a) Iluminação artificial: se Ma – 1 crédito, se S – 2 créditos.	1	S	1	0
P38.19	4. ÁREAS COMUNS:	0		0	0
P38.20	a) Iluminação artificial: Iluminação artificial: se os dispositivos forem Ma – 1 crédito, se forem S – 2 créditos (até 50% dos dispositivos), S – 3 créditos (mais de 50%).	1	S	1	0
P38.21	5. ACESSIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO E LIMPEZA (2 créditos por cada):	0		0	0
P38.22	a) Acessibilidade na limpeza de zonas exteriores (envidraçados ou coberturas);	2	S	2	0
P38.23	b) Sistemas de drenagem;	2	S	2	0
P38.24	c) Zonas obstruídas (por exemplo radiadores e zonas de difícil acesso).	2	N	0	0
P38.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0
P39.1	Medidas a implementar na monitorização:	20		0	0
P39.2	1. Sistemas de monitorização - água, energia, materiais, resíduos, entre outros - 1 crédito por cada dimensão.	2	S	2	0
P39.3	2. Se o sistema for automatizado contínuo ou períodos inferiores a 1 dia acresce 1 crédito em cada aspetos ambiental referido.	2	N	0	0
P39.4	3. Sistema integrado de monitorização e de publicação para as partes interessadas acresce um 2 créditos.	2	N	0	0
P39.5	Medidas a implementar na governança:	0		0	0
P39.6	1. Promover na fase inicial de projeto uma troca alargada de informação entre os responsáveis pelo projeto e os eventuais utilizadores do espaço (2 créditos).	2	S	2	0
P39.7	2. Promover reuniões periódicas nas várias fases do projeto e construção entre projetistas e utilizadores (2 créditos).	2	N	0	0
P39.8	3.Tomadas de decisão da equipa, paralelamente à consulta da população local (2 créditos).	2	N	0	0
P39.9	4. Interação com a população durante a fase de operação (ex.: Implementação de sistemas online - internet das medidas (3 créditos).	3	N	0	0
P39.10	5. Implementar um sistema de monitorização com periodicidade temporal adequada (pelo menos mensal) para energia, água, materiais e resíduos (3 créditos).	3	N	0	0
P39.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 38	Manutenção e gestão para a sustentabilidade								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos com vista a verificar o nível de controlabilidade do ambiente interior e exterior	Implementaram-se ≥ 25 créditos	Implementaram-se entre [17 - 25[créditos	Implementaram-se entre [10 - 17[créditos	Implementaram-se entre [8 - 10[créditos	Implementaram-se entre [6 - 8[créditos	Implementaram-se entre [4 - 6[créditos	Implementaram-se [1 - 4[créditos	Não foram implementadas quaisquer créditos com vista a verificar o nível de controlabilidade do ambiente interior e exterior	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Figura 5.21 – Avaliação pormenorizada do parâmetro P18

5.3.2 Avaliação Global dos Parâmetros LiderA do presente estudo

A avaliação global através da utilização dos parâmetros LiderA, obteve o nível de certificação **A+**. Neste projeto, só foram levados em conta alguns dos parâmetros de avaliação, tendo em conta a "fase" do projeto e avaliação maioritariamente da parte do projeto arquitetónico. Os parâmetros avaliados, foram os supracitados. Cada um deles, está referenciado ao parâmetro (tópico e subtópico) do ficheiro LiderA.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como propósito principal explorar soluções sustentáveis aplicáveis à construção civil, demonstrando como a adoção de estratégias conscientes pode contribuir significativamente para a redução dos impactos ambientais associados ao setor. Foi possível identificar e sistematizar práticas que priorizam a eficiência, o conforto dos usuários e o respeito aos recursos naturais, alinhando o desenvolvimento urbano com os princípios da sustentabilidade.

A análise dos métodos de certificação ambiental, como o LEED, o BREEAM e o LiderA, demonstrou que existem critérios técnicos sólidos para avaliar o desempenho sustentável das edificações, incentivando a adoção de práticas mais responsáveis em diferentes contextos e escalas.

O projeto desenvolvido neste trabalho serviu como exemplo prático da aplicação dessas estratégias à medida que os materiais e soluções, apresentados no capítulo 4, que apresentam melhores fatores de sustentabilidade, custo e durabilidade foram utilizados. O edifício em estudo foi avaliado segundo alguns parâmetros da certificação portuguesa LiderA.

Entretanto, há desafios que passam tanto pela área de conhecimento técnico quanto pela área financeira. O processo de conceção de um edifício sustentável exige uma abordagem holística, que considere desde a escolha do local até à integração de sistemas ecológicos. Um dos principais desafios reside na compatibilidade entre as exigências funcionais do projeto e a implementação de soluções sustentáveis. Os arquitetos e engenheiros devem equilibrar aspetos como a eficiência energética, o uso racional de materiais, o conforto térmico e a estética, sem comprometer a viabilidade económica. Além disso, a complexidade técnica de integrar sistemas de energia renovável, como painéis solares ou bombas de calor, exige conhecimentos especializados e um planeamento rigoroso.

Na fase de construção, os principais obstáculos estão relacionados com a obtenção e utilização de materiais sustentáveis, bem como com a gestão eficiente dos recursos durante a obra. A disponibilidade de materiais ecológicos de alta qualidade nem sempre é garantida, especialmente em regiões onde o mercado ainda está em fase de desenvolvimento ou onde a procura por soluções sustentáveis é recente. Além disso, muitos materiais sustentáveis podem apresentar custos iniciais mais elevados comparativamente aos materiais tradicionais, o que pode inibir investidores ou promotores imobiliários de apostar neste tipo de soluções.

A logística de transporte, armazenamento e instalação de materiais ecológicos também representa um desafio adicional, uma vez que estes podem exigir condições específicas de manuseamento ou terem uma cadeia de fornecimento mais limitada.

Para além disso, a construção de edifícios sustentáveis muitas vezes requer uma maior coordenação entre diferentes atores, incluindo arquitetos, engenheiros, fornecedores e empreiteiros, o que aumenta a complexidade de gestão do projeto.

Outro fator relevante é a necessidade de mão de obra especializada, que esteja devidamente treinada para trabalhar com novas técnicas construtivas e materiais inovadores. A falta de profissionais qualificados pode comprometer a qualidade da execução e afetar negativamente o desempenho ambiental do edifício final.

A longo prazo, a viabilidade económica de edifícios sustentáveis depende de fatores como a eficiência no consumo de energia, a durabilidade dos materiais e a facilidade de manutenção. No entanto, muitos investidores ainda consideram esses projetos uma aposta de maior risco, devido à incerteza quanto aos benefícios reais e à falta de dados sólidos que demonstrem o retorno financeiro positivo.

Adicionalmente, a questão da perceção social e do valor percebido pelos utilizadores constitui também um desafio. Ainda existe uma perceção generalizada de que construções sustentáveis podem ser mais caras ou menos confortáveis, o que pode afetar a sua aceitação no mercado. Para ultrapassar esse obstáculo, é essencial promover uma maior sensibilização e educação acerca dos benefícios ambientais, económicos e sociais de investir em edifícios sustentáveis.

Apesar de todos os desafios mencionados, a disponibilização de materiais ecológicos e soluções construtivas inovadoras tem vindo a expandir-se rapidamente, bem como a ideia de construção sustentável incutida na sociedade. Dessa forma, o presente trabalho reforça que a construção sustentável deve ser encarada não como uma tendência passageira, mas como uma resposta concreta e necessária às urgências ambientais, sociais e económicas do nosso tempo. Ao promover a redução da pegada ecológica, a eficiência no uso de recursos e o bem-estar dos ocupantes, os princípios sustentáveis contribuem para a criação de cidades mais resilientes, saudáveis e inclusivas.

Espera-se, portanto, que este estudo contribua para ampliar o debate sobre práticas construtivas mais sustentáveis e inspire futuros projetos a integrarem de forma efetiva a sustentabilidade como eixo central do processo construtivo. A transição para uma construção civil mais consciente passa pela valorização de soluções locais, inovação tecnológica, envolvimento comunitário e, sobretudo, pela mudança de mentalidade dos profissionais e decisores do setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] P. I. Pereira, "Construção Sustentável: o desafio," 2009.

[2] A. Lima, "Consumo e sustentabilidade: Em busca de novos paradigmas numa sociedade pos industrial," 10 junho 2010.

[3] United Nations Environment Programme (UNEP) and Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC), "United Nations Environment Programme - Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations: Beyond foundations - Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector," Nairóbi, 2024.

[4] F. Farinha e V. Rocheta, "Práticas de projetcto e construtivas para a construção sustentável," 19 dezembro 2007.

[5] V. S. Lucas, "Construção sustentável - Sistema de avaliação e certificação," abril 2011.

[6] M. A. Araújo, "A moderna construção sustentável".

[7] WCED, "Our Common Future," Oxford University Press, Oxford, Reino Unido, 1987.

[8] J. C. Debali, "Desenvolvimento Sustentável: Evolução e indicadores de sustentabilidade," 2009.

[9] Ministério da ciência e tecnologia com apoio de Ministério das Relaçoes exteriores da República Federativa do Brasil, "Protocolo de Quioto".

[10] Agência Portuguesa do Ambiente, "Agência Portuguesa do Ambiente," APA, 21 Maio 2021. [Online]. Available: https://apambiente.pt. [Acedido em janeiro 2025].

[11] P. Costa e J. Andrade, "Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global," abril/junho 2008.

[12] P. Guerreiro, "Construção Sustentável – Novos materiais mais eficientes para conservação de energia," maio 2012.

[13] D. Silva, "A sustentabilidade na construção civil e o papel do arquiteto: uma revisão narrativa," setembro 2022.

[14] L. Santana, "Emissões de gases do efeito estuda nas maiores economias da europa com base nos registros obtidos na base de dados do banco mundiaç de 1990 a 2019," 2023.

[15] A. Cordeiro, "Sustentabilidade e Durabilidade das Construções," *Utilização da Cortiça na Construção Sustentável,* 2021.

[16] M. L. Farias e J. Alves, "Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na Construção Civil," março 2020.

[17] Teixeira, T. Plínio e Á. Diogo, "Aproveitamento de Água da Chuva," 2019.

[18] M. Bibiano, "Sustentabilidade Hídrica de Edifícios Habitacionais," Janeiro 2013.

[19] C. P. d. S. Ferreira, "Caracterização do setor de tintas e vernizes em Portugal," *Visão Sobre o Futuro,* outubro 2017.

[20] World Green Building Council , "The business case for green building: A review of the costs and benefits for developers, investors and occupants.," 2013. [Online]. Available: https://www.worldgbc.org.

[21] U.S. Green Building Council, "LEED v4 for Building Design and Construction,," USGBC, Washington D.C., 2013.

[22] International Energy Agency Global , " Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector," 2022. [Online]. Available: https://www.iea.org.

[23] J. Gonçalves, "LiderA – Sistema de Avaliação da Sustentabilidade," *Lisboa: Instituto Superior Técnico.,* 2020.

[24] BRE Group BREEAM UK New Construction Technical Manual, "Building Research Establishment," Watford, UK, 2018.

[25] M. Pombo e L. Bragança, "Journal of Green Building," *Sustainability of buildings: Comparative analysis of BREEAM, LEED and SBTool certification systems,* 2016.

[26] Martifer Group, "Martifer Group," Martifer Group, [Online]. Available: https://www.martifer.com/pt. [Acedido em Dezembro 2024].

[27] Constuir, "Constuir," Constuir, 13 Março 2025. [Online]. Available: https://www.construir.pt. [Acedido em Abril 2025].

[28] J. &. P. A. Ferreira, "Avaliação ambiental de edifícios: Aplicação do sistema LiderA em contextos urbanos.," *Revista de Engenharia Civil,* pp. 10, 55–68., 2017.

[29] LiderA, "LiderA," [Online]. Available: https://lidera.info. [Acedido em abril 2025].

[30] A. C. e. R. Reis, "Betões Ecoeficientes para uma Construção Sustentável," agosto 2018.

[31] Betão, n26, "Betão Eco-eficiente: O futuro da indústria do Betão Pronto," abril 2011.

[32] R. Reis, "Betões Eco-Eficientes com Cinzas Volantes e Metacaulino," dezembro 2009.

[33] R. Mello, F. Coelho e J. Calmon, "Avaliação do ciclo de vida do concredo autoadensável com diferentes teores de adição de escória de alto-forno," novembro 2015.

[34] F. Araújo, T. Ramos, A. Matos e J. Coutinho, "BAC Eco-Eficiente na Pré-Fabricação," outubro 2012.

[35] J. Santos, F. Branco e J. Brito, "Betões produzidos com agregados grossos reciclados de betão," janeiro 2006.

[36] P. Brito, "Utilização de agregados reciclados em betão. Análise comentada da regulamentação existente.," setembro 2008.

[37] D. Leal, "Durabilidade de betões produzidos com cimento reciclado," janeiro 2021.

[38] J. Brito e A. Gonçalves, "Viabilidade economica da reciclagem de agregados de betão demolido para fabrico de novo betão," dezembro 2001.

[39] R. Mezeiro, "Construir em Madeiraa," *Aplicabilidade de painéis CLT em habitação de média densidade em Portugal,* outubro 2018.

[40] J. Gandini, T. Barata e J. Mazariegos, "Sistemas Construtivos em Madeira Certificada-Experiências Desenvolvidas: Uma Abordagem sobre Projeto de Interfaces e Processo de Racionalização de componentes," março 2016.

[41] A. C. F. Coelho, "A Sustentabilidade do Uso da Madeira na Construção," julho 2012.

[42] L. Almeida, "Madeira e Sustentabilidade," 2020.

[43] Y. Borges e C. Trindade, "A evolução da tecnologia das estruturas metálicas associada à sustentabilidade," 2023.

[44] R. Castro, "Análise da Sustentabilidade de Estruturas: Aço vs Betão," novembro 2012.

[45] D. Liubartas, E. Silva, E. Santos, J. Silva e A. Fomigoni, "A Sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas," 2014.

[46] F. Azevedo, "As edificações em estruturas metálicas e a sustentabilidade ambiental: Um estudo de caso," *Revista de Engenharia e Tecnologia,* 2024.

[47] "Aircrete Europe," [Online]. Available: https://www.aircrete.com/pt-br/. [Acedido em janeiro 2025].

[48] M. Barreto, "Análise microestrutural de blocos de concreto celular autoclavado (BCCA) com o auxílio de métodos instrumentais," 2012.

[49] A. Balby, A. Marques, I. Nascimento, H. Barcelos, R. José e W. , "Técnicas construtivas sustentáveis: Sistemas Construtivos em Concreto celular Autoclavado (CCA)," 2016.

[50] G. Vasconcelos e G. Moreira, "A relação de custo-benefício do uso do bloco de concreto celular autoclavado - estudo de caso," 2019.

[51] G. M. Pereira, "Avaliação experimental do comportamento dinâmico de paredes de alvenaria de tijolo térmico," novembro 2013.

[52] "Preceram," [Online]. Available: https://preceram.pt/.

[53] I. Grilo, P. Santos, J. Gouveia e E. Júlio, "Avaliação do desempenho mecânico e térmico de tijolos de alvenaria cerâmica aditivada com lamas residuais de alumínio," setembro 2012.

[54] G. M. Pereira, "Avaliação experimental do comportamento dinâmico de paredes de alvenaria de tijolo térmico," novembro 2013.

[55] "Torrense," [Online]. Available: https://www.ceramicatorreense.pt/pt/.

[56] M. Silva, "Blocos de terra compactada com e sem materiais cimentícios," outubro 2015.

[57] M. Valenzuela, G. Ciudad e J. P. Cárdenas, "Towards the development of performance-efficient compressed earth blocks from industrial and agro-industrial by-products," 2024.

[58] P. R. Cruza, J. Bogasb e J. R. Sofia Realc, "Durabilidade de blocos de terra comprimida estabilizados com ligantes recuperados a partir da fração cimentícia de resíduos de betão," 23 dezembro 2024. [Online]. Available: https://www.construcaomagazine.pt/. [Acedido em fevereiro 2025].

[59] R. Jacon, "Caracterização de blocos de terra compactada e argamassas de revestimento de edifícios tradicionais da região norte de Portugal," 2022.

[60] A. Gomes, J. Silva e L. Oliveira, "Caracterização de argamassas de assentamento e de alvenarias de blocos de terra," 2014.

[61] H. Houben e H. Guillaud, Earth Construction: A Comprehensive Guide, Intermediate Technology Publications (ITP), 1994.

[62] M. Hall, Y. Djerbib e R. Gagné, "Thermal performance of compressed earth blocks in buildings: A review," 2019.

[63] M. Asif, T. Muneer e J. Kubie, "Sustainability analysis of window frames," *Building Services Engineering Research and Technology,* 2005.

[64] Paulo e E. Sousa, "O Processo de Avaliação de Fornecedores de Fornecedores de madeira no desenvolvimento do Sistema da Qualidade," *Projecto de Desenvolvimento em Ambiente Empresarial,* julho 2011.

[65] L. Marques, "Madeiras certificadas na arquitetura: usabilidade e acessibilidade," 2019.

[66] C. R. Amigo, "Design aplicado ao aproveitamento de resíduos de madeira nativa certificada," 2007.

[67] A. Nascimento, D. Amorim, J. Borges, M. Diniz, M. Queiroz, N. Guedes e R. Moreira, "Ciclo de vida do Alumínio," *de uma lata de refrigerante até a uma caixilharia de janela,* 2023.

[68] C. Chaves, S. Marques e W. Silva, "Benefício da reciclagem de materiais – O caso do alumínio," 2018.

[69] C. Calegari, R. Teixeira e P. Silva, "Produção de alumínio secundário," *Uma revisão sistemática da literatura,* 2023.

[70] S. Darbello, "Estudo da reciclagem mecânica de POLI (cloreto de vinila) – PVC - provenientes de resíduos da construção civil," 2008.

[71] A. M. Piva, M. Neto e H. Wiebeck, "A Reciclagem de PVC no Brasil," 1999.

[72] I. Hipólito, R. Hipólito e G. Lopes, "Polímeros na construção civil," 2013.

[73] L. Pennafort, F. Silva e E. Deus, "Avaliação e Caracterização de Tubos Fabricados com PVC Reciclado," 2013.

[74] EnerCube, "Vidros Duplos e Isolamento Térmico: Eficiência e Tecnologia de Espaçadores com Gás Inerte," 2023. [Online]. Available: https://enercube.ca/. [Acedido em 2024].

[75] A. Rodrigues e M. Almeida, "Reabilitação energética de edifícios: Caracterização térmica de edifícios e propostas de reabilitação numa perspetiva custo/benefício," 2012.

[76] V. Silva, "Reabilitação Energética de Edifícios Residenciais: Propostas de intervenção numa perspetiva de otimização da relação custo/benefício.," outubro 2013.

[77] Vitro Architectural Glass (Glass Education Center), "Architectural Glass," 12 setembro 2024. [Online]. Available: https://glassed.vitroglazings.com/. [Acedido em 2025].

[78] Z. Demir, "Benefits of Low-E Coatings in Insulated Glass Units," 17 janeiro 2024. [Online]. Available: https://www.blog.cepheyedair.com/en/homepage/. [Acedido em 2025].

[79] A. Gouveia, "Estudo Sobre a Otimização Acústica e Térmica de Vãos Envidraçados Destinados à Envolvente De Edifícios," Setembro 2021.

[80] A. Brdnik, "Thermal Performance Optimization of Double and Triple Glazing Systems for Slovenian Climate Conditions," outubro 2021.

[81] Obras360, "Obras360," [Online]. Available: https://www.obras360.pt/. [Acedido em 2025].

[82] SistemasEtics, "SistemasEtics," [Online]. Available: SistemasEtics.pt. [Acedido em 2024].

[83] F. Batista, "O uso da cortiça na construção sustentável," janeiro 2017.

[84] Monalto , "Monalto PT," [Online]. Available: https://montalto.pt/. [Acedido em 2025].

[85] G. V. Maragno, "Eficiencia e forma do Brise-Soleil na arquitetura de Campo Grande - MS," 2000.

[86] E. Cunha, "Mitos e verdades sobre o brise-soleil: da estética à eficiência energética," 2011.

[87] European Institute for Wood Preservation & European Wood Preservative Manufacturers Group, "reated Wood – A sustainable choice.," 2020.

[88] A. Zhang e L. Yaxiang, "Thermal Conductivity of Aluminum Alloys—A Review," *Materials (Basel),* 2023.

[89] The environmental impacts of iron and steel industry: a life cycle assessment study, "Estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da indústria do ferro e aço," 2015.

[90] SteelConstruction, "Thermal performance – SteelConstruction," [Online]. Available: https://steelconstruction.info/. [Acedido em 2025].

[91] S. Fouad, "Design Methodology Kinetic Architecture," julho 2012.

[92] V. Filho, R. Sposto e L. Caldas, "Análise do desempenho acústico de fachadas ventiladas de porcelanato à luz da norma de desempenho: estudo de caso em um edifício habitacional em Brasília-DF," *Revista Eletrónica de Engenharia Civil,* vol. 13, 2017.

[93] S. Mendes, F. Morais e D. Brandão , "Sistema para fachadas ventiladas- um estudo comparativo," maio 2016.

[94] C. Silva, "Sistema de fachada ventilada em edifícios," março 2013.

[95] DSPFIX, "DSPFIX - sistemas e soluções de fixação," [Online]. Available: https://dspfix.com/. [Acedido em 2024].

[96] Quilosa Professional, "Quilosa Professional," 2021. [Online]. Available: https://quilosa.com/pt. [Acedido em 2024].

[97] R. Almeida, R. Vicente, A. Ventura-Gouveia, A. Figueiredo, F. Rebelo, E. Roque e V. Ferreira, "Experimental and Numerical Simulation of a Radiant Floor System: The Impact of Different Screed Mortars and Floor Finishings," 2022.

[98] K. Bliss, "Radiant Floors Provide Indoor Air Quality Benefits," 2024.

[99] Amorim Cork SOlutions, "Amorim Cork SOlutions," [Online]. Available: https://www.amorimcorkinsulation.com/. [Acedido em 2024].

[100] H. Creder, Instalações de Ar Condicionado, Rio de Janeiro - RJ: LTC, 2004.

[101] A. Santos, "Estudo e avaliação de performance em sistemas de ar condicionado: Um comparaivo entre sistemas split system e sistemas VRV (vazão de refrigerante variáveis)," junho 2017 .

[102] E. d. P. Araujo, "Apostila de ar condicionado e exaustão," 2011.

[103] P. Melo, "O impacto ambiental da refrigeração e alternativas sustentáveis," 2024.

[104] M. Guerra, "Trabalho de conclusão de curso de graduação em engenharia de energia," 2016.

[105] M. Santamouris e D. Asimakopoulos, "Natural Ventilation in Buildings: Principles and Applications," 2023.

[106] D. Bayer e M. Pruckner, "Data-driven heat pump retrofit analysis in residential buildings: Carbon emission reductions and economic viability," 2024.

[107] S. Khan, R. O'Hegarty, D. Finn e O. Kinnane, "Environmental footprint analysis of domestic air source heat pumps," 2024.

[108] IEA, "The Future of Heat Pumps," 2022.

[109] R. Passolongo, "Avaliação Termodinâmica, Termoeconômica e Econômica da Integração de Sistemas de Gaseificação da Biomassa em uma Usina Sucroalcooleira," 2011.

[110] G. Pelka, M. Jach-Nocon, M. Paprocki, A. Jachimowski e W. Lubon, "Comparison of Emissions and Efficiency of Two Types of Burners When Burning Wood Pellets from Different Suppliers," 2023.

[111] K. Wang, S. Nakao, D. Thimmaiah e P. Hopke, "Emissions from in-use residential wood pellet boilers and potential emissions savings using thermal storage," 2020.

[112] A. Almeida, "Uso de materiais alternativos na redução dos impactos ambientais da construção civil," 2017.

[113] D.-J. Hwang, H.-S. Kim, S.-K. Lee e M.-k. Choi, "Development and Characterizations of Environment-friendly Lime Paint," 2009.

[114] K. Mu-ni, L. A-ma, L. Seung-mok e J. Gang-jung, "Preparation of natural wall paint by using sericite clay," 2017.

[115] F. Torgal e S. Jalali, "Toxicidade de materiais de construção: uma questão incontornável na construção sustentável," setembro 2010.

[116] H. Merten, M. Silva e L. Caldas, "Compostos orgânicos voláteis de tintas imobiliárias e certificações ambientais:estudo de caso para subsolos," 2017.

[117] C. Alvez, V. Skorych, A. Jr, D. Hotza, G. González e S. Heinrich, "Optimizing raw material composition to increase sustainability in porcelain tile production: A simulation-based approach," 2023. [Online]. Available: https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/. [Acedido em 2025].

[118] A. I. LUZ e S. I. RIBEIRO, "Uso de pó de vidro como fundente para produção de grês porcelanato," 2008.

[119] L. Trilles, F. Gomes, S. Allepuz, D. Fraga e J. Carda, "Incorporación de residuos derivados de la fabricación cerámica y del vidrio reciclado en el proceso cerámico integral," 2012.

[120] L. Marques, "Madeiras certificadas na arquitetura: usabilidade e acessibilidade," 2019.

[121] Timber Floors, "Timber Floors," 2025. [Online]. Available: https://cbtimberfloors.com.au/.

[122] R. Tassi, L. Tassinari, D. Piccili e C. Persch, "Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais," 2014.

[123] E. Alberto, F. Recchia, S. Penedo e F. Paletta, "Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis," 2021.

[124] P. Santos, S. Santos, S. Montenegro, A. Coutinho e G. Celso, "Telhado verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial," 2013.

[125] S. R. d. Araújo, "As Funções dos Telhados Verdes no Meio Urbano, na Gestão e no Planejamento de Recursos Hídricos.," 2007.

[126] K. AL-Obaldi, M. Ismail, A. Malek e A. Rahman, "Energy Efficient Skylight Design in Tropical Houses," 2007.

[127] F. Yu e J. Leng, "Quantitative effects of glass roof system parameters on energy and daylighting performances: A bi-objective optimal design using response surface methodology," 2021.

[128] M. Woo, P. MacNaughton e J. W. Lee, "Access to Daylight and Views Improves Physical and Emotional Wellbeing of Office Workers: A Crossover Study," 2021.

[129] M. Tramontin e J. Rocha, "O vidro na arquitetura das edificações," 2014.

[130] I. Ferraz, "O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica," 2012.

[131] L. Moreira, M. Carvalho, C. Pezzuto, L. Muniz-Gãal e M. , "Eficiência térmica de materiais de cobertura," 2018.

[132] J. Carneiro, Interviewee, *A energia solar fotovoltaica representa uma das fileiras das energias renováveis mais relevantes para Portugal.* [Entrevista]. 2019.

[133] T. Sacramento, O. Santo, L. Lana, K. Braz, F. Dias, A. Rosa e E. Almeida, "Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográficca," 2016.

[134] A. Silva, "Central de Produção de Energia Eléctrica a Partir de Energia Solar Térmica," dezembro 2013.

[135] Agência Portuguesa do Ambiente, "Fator de emissão de gases com efeito de estufa para a eletricidade produzida em Portugal.," 2024.

[136] Associação Portuguesa de Energias Renováveis & ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável., "Centrais termoelétricas com emissões de CO_2 em mínimo de 31 anos.," 2022.

[137] A. Marques, "Pegada carbónica e área ocupada para produção de eletricidade em Portugal Continental," 2021.

[138] M. Cuce e S. Riffat, "Building applications of heat recovery systems: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews," 2015.

[139] P. Liu, J. Alonso e M. Mathisen, "Global sensitivity analysis and optimal design of heat recovery ventilation for zero-emission buildings," 2023.

[140] G. Mihalakakou, M. Souliotis, M. Papadaki, G. Halkos, J. Paravantis, S. Makridis e S. Papaefthimiou, "Applications of Earth-to-Air Heat Exchangers: A Holistic Review.," 2021.

[141] C. Ferreira e R. Muruzzi, "Considerações sobre aplicação do telhado verde para captação de chuva em sistema de aproveitamento para fins não potáveis," 2007.

[142] P. Neto, "Telhados verdes assossiados com sistema de aproveitamento de agua da chuva: projeto de dois prototipos sobre futuros estudos sobre essa técnica comepnsatoria em drenagem urbana e prática sustentável na contrução civil," 2012.

[143] M. Bibiano, "Sustentabilidade Hídrica de Edifícios," 2013.

[144] E. Moser, B. Dalri, B. Vintena, V. Souza e A. Braatz, "Chuveiro Smart," 2023.

[145] ROCA, "ROCA," [Online]. Available: https://www.roca.pt/. [Acedido em 2025].

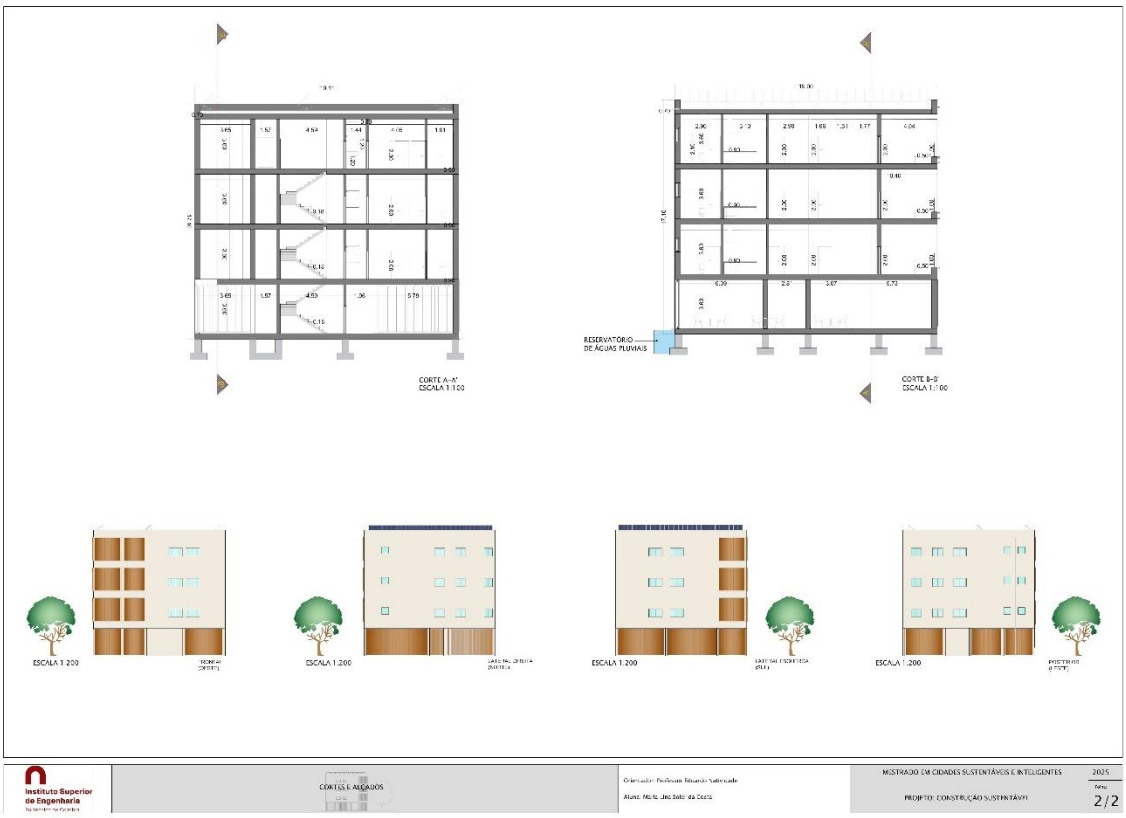
[146] A. Camões, "Betão eco-eficiente com reduzido teor de cimento".

[147] IEA Bioenergy, "Comparison of Emissions and Efficiency of Two Types of Burners When Burning Wood Pellets from Different Suppliers," 2023.

[148] J. Amador, "Produção e consumo de energia em Portugal," *Factos estilizados,* 2010.

ANEXOS

IMPLANTAÇÃO
ESCALA 1:200
PLANTA PISO 1
ESCALA 1:100
PLANTA PISO 3
ESCALA 1:100
PISO 0
ESCALA 1:200
PILARES - P1 = 0.30m x 0.30m
PLANTA PISO 2
ESCALA 1:100
PLANTA COBERTURA
ESCALA 1:100
Instituto Superior de Engenharia
LOCALIZAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E PLANTAS
Orientador: Professor Eduardo Natividade
MESTRADO EM CIDADES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES
PROJETO: CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL
2025
1/2


CORTE A-A'
ESCALA 1:100
RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS
CORTE B-B'
ESCALA 1:100
ESCALA 1:200
ESCALA 1:200
ESCALA 1:200
ESCALA 1:200
Instituto Superior de Engenharia
CORTES E ALÇADOS
Orientador: Professor Eduardo Natividade
MESTRADO EM CIDADES SUSTENTÁVEIS E INTELIGENTES
PROJETO: CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL
2025
2/2

Avaliação de alguns parâmetros baseados no modelo LiderA

Este módulo efectua o cálculo com base na determinação em cada módulo Pi

Vert.	Área	wi	NI	wi	Opção	Programas de sustentabilidade (P NI)	Pre Req	Nível		Nível i		Posíveis
Integrado e Local (Habitat)	Solo	6%	1	2%		P1 - Organização Territorial		B	-	E	-	
				2%		P2 - Potenciar funções do Solo		C	-	E	-	
	Ecossistemas Naturais	6%	2	2%		P3 - Valorização económica		C	-	E	-	
				2%		P4 - Serviços dos ecossistemas		A+	-	E	-	
	Paisagem e Património	6%	3	2%		P5 - Valorização da paisagem		A	-	E	-	
				2%		P6 - Valorização económica, económica		E	-	E	-	
Re (ciclos) (Fluxos)	Energia	15%	4	5%		P7 - Desempenho térmico		A+	-	E	-	
				5%		P8 - Sistemas energéticos eficientes		E	-	E	-	
				5%		P9 - Gestão de carbono		E	-	E	-	
	Água	7%	5	5%		P10 - Uso sustentável de água		A++	-	E	-	
				2%		P11 - Gestão da água local		A++	-	E	-	
	Materiais	7%	6	6%		P12 - Produtos e materiais de origem responsável		A++	-	E	-	
				1%	Em	P13 - Durabilidade dos sistemas construídos		E	-	E	-	
	Produção Alimentar	2%	7	2%		P14 - Contribuição para produção alimentar local e sazonal		E	-	E	-	
Gestão dos Origens Ambientais (Emissão 4	Águas Residuais	2%	8	2%		P15 - Gestão das águas residuais		E	-	E	-	
	Resíduos	3%	9	3%		P16 - Gestão dos resíduos		E	-	E	-	
	Outras emissões	9%	10	3%		P17 - Gestão do ruído		B	-	E	-	
				3%		P18 - Gestão das emissões atmosféricas		E	-	E	-	
				3%		P19 - Gestão das outras cargas ambientais		B	-	E	-	
Qualidade do Serviço e Resiliência	Qualidade do serviço	9%	11	7%		P20 - Qualidade ambiental e outros aspetos		E	-	E	-	
				2%		P21 - Segurança e conforto dos clientes (humanos)		E	-	E	-	
	Adaptação Estrutural	6%	12	3%		P22 - Adaptação climática e outros riscos naturais		A	-	E	-	
				3%		P23 - Resiliência e evolução estratégica		E	-	E	-	
Multi-cos Sociais e Económicos	Acessibilidade	4%	13	3%		P24 - Mobilidade ativa		B	-	E	-	
				1%	Em	P25 - Sistemas de transportes eficientes		E	-	E	-	
	Espaço para todos	4%	14	3%		P26 - Área permeável/ arborizada		E	-	E	-	
				1%	Em	P27 - Espaços coletivos - Bons e maiores públicos acessíveis e seguros		E	-	E	-	
	Vitalidade social	4%	15	2%		P28 - Flexibilidade e acessibilidade de uso		E	-	E	-	
				1%	Em	P29 - Contribuição para o bem-estar, sociabilidade (Saúde mental)		E	-	E	-	
				1%	Em	P30 - Responsabilidade social (e solidária)		E	-	E	-	
	Amenidades e cultura	3%	16	2%		P31 - Amenidades arquitetónicas		C	-	E	-	
				1%	Em	P32 - Contributos para a cultura e identidade		E	-	E	-	
	Economia verde (e sustentável)	7%	17	5%		P33 - Baixos custos ao ciclo de vida		A	-	E	-	
				1%	Em	P34 - Contributos para economia circular		E	-	E	-	
				1%	Em	P35 - Contributos empresas ambientais		E	-	E	-	
	Conectividade	3%	18	3%		P36 - Conectividade e inovação (Sistemas Digitais)		E	-	E	-	
Uso Sustentável	Gestão sustentável	5%	19	3%		P37 - Gestão da informação para atuação sustentável		E	-	E	-	
				1%	Em	P38 - Manutenção e gestão para a sustentabilidade		A++	-	E	-	
				1%	Em	P39 - Monitorização e governança		E	-	E	-	
	Marketing e inovação	3%	20	3%		P40 - Marketing e inovação		E	-	E	-	
obtida na avaliação:								A+				A+
0						Valor obtido (0 a 100%)		100%				80%
								A+B				A+B

LiderA — Avaliação LiderA

Organização territorial

P1

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese criterio | B | E | Gráfico Local | Avaliação global

Objetivo	Desenvolver territorialmente. Potenciar utilização de locais já com intervenção.
Linhas de boas práticas	Avaliar os riscos e modos de adaptação. Adaptar aos riscos naturais existentes e evitar os riscos inerentes às soluções arquitetónicas adotadas. A possibilidade de ocorrer algum acidente involuntário deve ser reduzida ou nula, pelo que se deve ter particular atenção durante a fase de planeamento e construção do edifício para evitar a construção ou aplicação de elementos potencialmente perigosos, ou que não sejam suficientes para evitar ou inibir as consequências de ameaças naturais. Análise de catástrofes e impactes decorrentes medidas de prevenção, preparação e atuação em emergência.
Fundamentação sintética da avaliação	
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	
Potencial Melhoria	E

P1	Critérios a considerar:	Avaliação		4	0
P1.1	Construção ou inserção em:	14	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P1.2	1. Em áreas urbanas com solo contaminado (antigas fábricas, exemplo do Parque das Nações) as quais deverão ser descontaminadas (3 créditos).	3	N	0	0
P1.3	2. Nos vazios urbanos, nas zonas degradadas ou abandonadas de quarteirões (2 créditos).	2	N	0	0
P1.4	3. Em zonas infraestruturadas de redes de esgotos e água (1 crédito).	1	S	1	0
P1.5	4. Reabilitar em zonas definidas com essa vocação no PDM (2 créditos) em especial nas áreas consideradas prioritárias (acresce 2 créditos).	4	N	0	0
P1.6	5. Contribuir para o espaço público ou identidade do local (2 créditos).	2	S	2	0
P1.7	6. Forma como layout considera as condicionantes, orientações e valoriza o território, requalifica ou assegura a compacidade (2 créditos).	2	S	1	0
P1.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P1	Organização territorial								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos	Satisfaz 6 créditos (abrangendo descontaminação ou restruturação estrutural)	Satisfaz 6 créditos	Satisfaz 5 créditos	Satisfaz 4 créditos	Satisfaz 3 créditos	Satisfaz 2 créditos	Satisfaz 1 crédito	-	-

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Organização territorial

O edifício localiza-se numa zona urbana já servida por infraestruturas básicas, nomeadamente redes públicas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (P1.4). Esta condição permite minimizar impactos ambientais associados à construção de novas redes, garantindo uma integração eficiente nos sistemas existentes e contribuindo para a racionalização do uso de recursos e do território, em conformidade com os princípios de sustentabilidade.

O projeto, sendo um edifício multifamiliar inserido num contexto predominantemente habitacional, reforça a coerência urbana e mantém a identidade arquitetónica do local. A sua escala, volumetria e linguagem arquitetónica alinham-se com as características morfológicas e estéticas da vizinhança, evitando ruturas visuais ou funcionais. Além disso, o edifício contribui para a vitalidade do espaço urbano, promovendo a continuidade do tecido residencial e valorizando a identidade local existente. Mesmo sem alterações diretas ao espaço público, o projeto potencializa a integração e a vivência comunitária (P1.6).

A implantação e o layout do edifício foram definidos de forma a respeitar as condicionantes do terreno, otimizar a orientação solar e garantir a compacidade da forma construída, reduzindo perdas térmicas e melhorando o desempenho energético (P1.7).

Avaliação LidenA

Potenciar funções do Solo

P2

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese criterio | C | E | Gráfico Local | Avaliação global

Objetivo	Assegurar as funções naturais do solo. Reduzir ocupação de todo o lote ou da zona para assegurar as funções do solo.
Linhas de boas práticas	Assegurar as funções naturais no solo (infiltração, suporte vegetativo). Assegurar uma percentagem considerável de área permeável do solo face ao total do lote ou da zona a intervencionar.
Fundamentação sintética da avaliação	
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	

Potencial Melhoria: **E**

P2	Critérios a considerar:	Avaliação		3	0
P2.1	Determinar a percentagem de área permeável do solo face ao total do lote ou área a intencionar.	0 a 100 %	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P2x	Modelo ou cálculo alternativo	3	S	3	0

Limiares

P2	Potenciar funções do Solo								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem de solo permeável (livre)	≥ 80% de solo livre	[70-80[% de solo livre	[60-70[% de solo livre	[50-60[% de solo livre	[40-50[% de solo livre	[30-40[% de solo livre	[20-30[% de solo livre	[10-20[% de solo livre	-
Fator	1,50	1	0	1,5	1,33	1,16	1	0,83	0,5

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Potenciar funções do Solo

O projeto privilegia a manutenção das funções ecológicas do solo através da utilização de pavimentos permeáveis e de uma cobertura ajardinada.

Toda a área exterior é revestida com piso modular drenante com grelhas vegetadas, que permite a infiltração da água pluvial, reduzindo a impermeabilização e o escoamento superficial. Adicionalmente, o telhado verde contribui para a retenção de águas pluviais. Desta forma, o edifício mantém e potencia as funções ambientais e hidrológicas do solo, em conformidade com os objetivos sistema (P2.1).

Valorização ecológica

P3

C

Objetivo: Potenciar valor ecológico local.

Linhas de boas práticas: Preservar as espécies animais ou vegetais consideradas importantes, sensíveis ou com valor local; Aumentar os habitats considerados importantes, sensíveis ou com valor para o local (Biótopo).

Fundamentação crítica da avaliação

Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existem)

Potencial Melhoria: E

P3	Critérios a considerar:	Avaliação		Comprovada	Melhoria
P3.1	Verificar a percentagem de área verde face à superfície total da zona	15	(S, N, O)	0	0
P3.2	1. Nº de espécies autóctones ou adaptadas (apenas arbóreas) mantidas e/ou introduzidas e sua biodiversidade:	0		0	0
P3.3	• [0 - 3[– 1 crédito;	1	S	1	0
P3.4	• [3 - 6[– 2 créditos;	2	N	0	0
P3.5	• [7– 9[– 3 créditos;	3	N	0	0
P3.6	• [10 - 12[– 4 créditos;	4	N	0	0
P3.7	• >12 – 5 créditos.	5	N	0	0
P3.8	2. Ocupação das espécies contabilizadas anteriormente (contabilizar a área das copas das árvores face à área verde total):	0		0	0
P3.9	• [0-50[% de área - mantém-se a classificação atribuída;	-	S	-	0
P3.10	• [50-100]% de área - adicionam-se 4 créditos aos anteriormente apontados no nº de espécies.	4	N	0	0
P3.11	3. Assegurar mecanismos de controlo das espécies invasoras (2 créditos).	2	S	2	0
P3.12	4. Mecanismos de manutenção e área/valorização da biodiversidade (2 créditos).	2	N	0	0
P3.13	5. Integração das soluções na estratégia regional ou local de biodiversidade (2 créditos).	2	N	0	0
P3.x	Modelo de cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P3	Valorização ecológica								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem de áreas verdes e Nº de créditos	≥ 60% do lote com áreas verdes e cumprimento de 8 créditos	[50-60[% do lote com zonas verdes e cumprimento de 6 créditos	[40-50[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 5 créditos	[30-40[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 4 créditos	[20-30[% de áreas verdes no lote e cumprimento de 3 créditos	[10-20[%de áreas verdes no lote e cumprimento de 2 créditos	[0-10[%de áreas verdes e cumprimento de 1 crédito	Verifica-se a existência de 1 crédito negativo	Verifica-se a existência de 2 créditos negativos

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Valorização ecológica

No terreno, existe uma árvore adulta de porte significativo, seria preservada durante a conceção do edifício, evitando a sua derrubada.

A manutenção desta, garante a preservação de uma espécie arbórea autóctone ou adaptada, contribuindo para a biodiversidade local, fornecendo sombra, abrigo para fauna e continuidade ecológica no espaço urbano.

Esta estratégia reflete o compromisso do projeto com a valorização ecológica do terreno (P3.3).

LIDER A — Avaliação LiderA

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Sistema critério | Gráfico local | Avaliação global

Serviços dos ecossistemas — P4

A+

Objetivo: Aumentar os serviços dos ecossistemas e sua interligação com a envolvente.

Linhas de boas práticas:
Assegurar a biodiversidade a longo prazo e serviços naturais.
Promover a continuidade da estrutura verde nas zonas envolventes: coberturas, fachadas verdes, arborização nas ruas, zonas verdes de modo a favorecer a interligação de habitats;
Evitar a existência de barreiras/obstáculos físicos entre habitats ou no mesmo habitat;
Colocar estruturas (tocas, ninhos, etc.) que favoreçam o desenvolvimento de espécies.

Fundamentação científica da avaliação:

Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem):

Potencial Melhoria: E

P4	Critérios a considerar:	Avaliação		E	D
P4.1	Assegurar um plano para assegurar a biodiversidade a longo prazo e serviços naturais (bonificação).	26	(S, N, O)	Comprovada	Melhoria
P4.2	1. Serviços dos ecossistemas assegurados:	0		0	0
P4.3	a) Criação e manutenção de habitats diversos (2 créditos);	2	N	0	0
P4.4	b) Colocação de estruturas (ninhos, tocas, etc.) que favoreçam o desenvolvimento de espécies, de canais especiais para a passagem de pequenos animais através do solo e redes com aberturas que permitam a circulação de insetos (2 créditos);	2	N	0	0
P4.5	c) Outros serviços (2 créditos);	2	N	0	0
P4.6	d) Amenização do clima e sombras (2 créditos).	2	S	2	0
P4.7	Redução da fragmentação Perímetro de contacto com exterior do lote:	0		0	0
P4.8	2. Desenho das ligações e continuidade através de:	0		0	0
P4.9	» Arborização (2 créditos);	2	S	2	0
P4.10	» espaços verdes permeáveis (2 créditos);	2	S	2	0
P4.11	» fachadas verdes (1 crédito);	1	N	0	0
P4.12	» coberturas verdes (1 crédito).	1	S	1	0
P4.13	3. Número e abrangência das ligações (valores referentes a ligações verdes até metade do lote, se o atravessar completamente duplica os valores)	0		0	0
P4.14	» 1 ligação (1 crédito);	1	S	1	0
P4.15	» 2-4 ligações (2 créditos);	2	N	0	0
P4.16	» mais do que 4 ligações (3 créditos).	3	N	0	0
P4.17	4. Potenciar os vários serviços dos ecossistemas (4 créditos).	4	N	0	0
P4.18	5. Quantificação e informação sobre os serviços dos ecossistemas assegurados (2 créditos por cada).	2 ou mais	N	0	0
P4.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P4	Serviços dos ecossistemas								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos e perímetro de contacto com exterior do lote	» Satisfaz pelo menos 10 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [80 - 100[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 8 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [60-80[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 6 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [40 - 60[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 4 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [20 - 40[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 2 créditos » Perímetro de contacto dos corredores [10 - 20[% com os limites do lote	» Satisfaz pelo menos 1 crédito » Perímetro de contacto dos corredores [0 - 10[% com os limites do lote	» Não cumpre nenhuma das medidas.	-	-
Valor	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Modelo de Cálculo — **Observações**

Referências — **Observações**

Síntese — **Observações**

Serviços dos ecossistemas

O projeto integra estratégias que potenciam os serviços dos ecossistemas no local. Arborização, vegetação, espaços verdes permeáveis contidos na área exterior e cobertura verde, que ajuda a reduzir a temperatura superficial, melhora o isolamento térmico, aumenta a retenção de água pluvial. Estas medidas permitem que o projeto amenize o clima local, aumente a sombra e a evapotranspiração, contribuindo de forma significativa para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida urbana (P4.6, P4.9, P4.10, P4.12 e P4.14).

LiderA — Avaliação LiderA

Valorização da paisagem

P5

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese criterio | A | E | Gráfico Local | Avaliação global

Objetivo	Contribuir para valorizar paisagem.
Linhas de boas práticas	Fomentar a integração ou valorização paisagística

Fundamentação sintética da avaliação	
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	

Potencial Melhoria: **E**

P5	Critérios a considerar:	Avaliação		4	0
		G	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P5.1	1. Volumetria:				
P5.2	a) altura semelhantes à média existente no local (altura 2 pisos superior ou inferior à média do quarteirão);	1	S	1	0
P5.3	b) inserção visual na circundante (numa área montanhosa a construção tipicamente montanhosa, construção no Alentejo com construção tipicamente alentejana, construção numa zona histórica ou manter o tipo de fachada da área, etc.).	1	S	1	0
P5.4	2. Cores e Materiais:	1		0	0
P5.5	a) A utilização de uma palete de cores dentro das existentes no local;	0	S	0	0
P5.6	b) Utilização de materiais de acordo com os tipicamente utilizados na circundante.	1	S	1	0
P5.7	3. Criar condições de valorização estética da paisagem (contribuição para a malha urbana)	3	S	1	0
P5.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P5	Valorização da paisagem								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos aplicados	Cumprimento para mais de 6 parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 6 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 4 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 3 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para 2 dos parâmetros aplicáveis	Cumprimento para um dos parâmetros aplicáveis (exceto as cores)	Cumprimento da integração para a palete de cores	Não há cumprimento de nenhum dos parâmetros aplicáveis	-
Pontos	10	8	6	4,5	3,25	2,25	1	0,25	0,25

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Valorização da paisagem

O edifício foi concebido com altura compatível com a média do entorno (P5.2), garantindo coerência com a escala urbana da vizinhança (P5.3). A sua implantação e volumetria respeitam as características locais, integrando-se visualmente na circundante sem criar impacto negativo ou romper o padrão local, o que contribui para a harmonia visual, assim como a paleta de cores neutras, que não fogem aos tons predominantes dos edifícios que rodeiam (P5.5, P5.6 e P5.7).

Desempenho passivo

P7

A+

Objetivo: Assegurar desempenho bioclimático. Melhorar o desempenho passivo.

Linhas de boas práticas: Adotar práticas bioclimáticas e de desempenho solar passivo, para o Verão e Inverno.

Fundamentação sintética da avaliação

Potencial Melhoria: E

Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)

P7	Critérios a considerar:	Avaliação		17 Comprovam	0 Melhoria
P7.1	Opção 1 - Prescritiva: Listar todas as medidas implementadas como forma de redução dos gastos energéticos, apurando os seus benefícios - Parâmetros aplicáveis:	21	(1, 1, 1)		
P7.2	1. Situação/Organização favorável face a outros edifícios ou condicionantes naturais (1 crédito);	1	1	1	0
P7.3	2. Orientação a sul (1 crédito se for em [0 – 25]% das divisões principais, 2 créditos em [25 – 50]% das divisões, 3 créditos em [50 – 75]% das divisões, 4 créditos em [75 – 100]% das divisões principais);	2	1	2	0
P7.4	3. Fator forma (que garanta o menor rácio Área envolvente/Volume interior), pelo menos 1,25 – 1 crédito;	1	1	1	0
P7.5	4. Isolamentos:	0		0	0
P7.6	a) Isolamento térmico adequado (mínimo parede dupla com 6 cm de isolamento) – 1 crédito, se for exterior – 2 créditos;	2	1	2	0
P7.7	b) Isolamento adequado na cobertura (1 crédito).	1	1	1	0
P7.8	5. Massa térmica da estrutura mista a forte (1 crédito), ou seja utilização na estrutura ou mesmo no interior de elementos de inércia forte: adobe, terra, alvenaria de betão, massas de acumulação de água, elementos maciços;	1	1	1	0
P7.9	6. Vãos:	0		0	0
P7.10	a) Sombreamento interior, (1 crédito se for em [0 – 50]% dos vãos envidraçados, 2 créditos em [50 – 100]% dos vãos envidraçados) se for exterior: contabilizar a sobra dos créditos quantificados;	2	1	2	0
P7.11	b) Vidros: (duplos e com coeficiente de transmissão térmica adequado (de acordo com o REH), ou vãos envidraçados de bom desempenho) – 1 crédito;	1	1	1	0
P7.12	c) Caixilharia (com estanquicidade a infiltrações de ar, coeficiente de transmissão térmica adequado e de corte térmico (de acordo com o REH)) – 1 crédito;	1	1	1	0
P7.13	d) Fenestração seletiva (varia ao nível da Área envidraçada vs. orientação, como Sulos/Spaviments) (1 crédito).	1	1	1	0
P7.14	7. Minimização ou eliminação de pontes térmicas (1 crédito);	1	1	1	0
P7.15	8. Ventilação adequada (1 crédito), ou seja natural cruzada. Estratégia de ventilação.	1	1	1	0
P7.16	9. Introdução de sistemas passivos: parede de trombe, geotermia, "efeito de estufa", entre outros (1 crédito se for em [0 – 50]% das divisões principais, 2 créditos [50 – 100]% das divisões);	2	N	0	0
P7.17	10. Estratégia de iluminação diurna para mais de 80 % das zonas (2 créditos).	2	1	2	0
P7.18	Opção 2 - Desempenho passivo bioclimático Classificação Passive House A+; Ou classificação no PHPP, se conjugado com soluções opcionais de ventilação natural A++.	0	N	0	0
P7.19	Opção 3 - Percentagem do edifício com comportamento bioclimático comprovado em modelo preferencialmente dinâmico (anula fatores das classes do Líder A).	0	N	0	0
P7.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Liminares

P7	Desempenho passivo								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos ou certificação da Passive House	Cumprimento de 18 créditos ou mais que não as apresentadas na linha, sendo que pelo menos 6 créditos são devidos a orientação a sul e/ou isolamento e fenestração	Cumprimento de 15 créditos, sendo que pelo menos 6 créditos são devidos a orientação a sul, fenestração e/ou isolamento	Cumprimento de 12 créditos, sendo que pelo menos 2 créditos é devido a orientação a sul ou isolamento	Cumprimento de 8 créditos	Cumprimento de 6 créditos	Cumprimento de 4 créditos	Cumprimento de 2 créditos	Cumprimento de 1 crédito	Nenhum crédito
Valor	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Modelo de Cálculo

Observações

Referências

Observações

Listar

Desempenho passivo

Observações

O edifício foi implantado de forma estratégica, tirando partido das condicionantes naturais do terreno e da orientação solar, o que resulta numa disposição favorável que otimiza o conforto térmico e a eficiência energética. A orientação predominante a sul permite o aproveitamento da radiação solar nos meses mais frios, reduzindo a necessidade de aquecimento, enquanto possibilita o controlo eficaz dos ganhos térmicos durante o verão por meio de sombreamentos adequados (P7.2, P7.3 e P7.4). A aplicação de isolamento térmico contínuo, com destaque para a utilização de cortiça nas fachadas, contribui significativamente para a redução das trocas de calor com o exterior, assegurando um desempenho térmico eficiente e promovendo o conforto ao longo de todo o ano (P7.6, P7.7 e P7.8).

O sistema de vãos envidraçados, composto por vidros triplos de elevado desempenho e caixilharias com corte térmico e excelente estanquicidade, garante o controlo de ganhos solares indesejados e evita infiltrações de ar (P7.10, P7.11, P7.12 e P.13). A proporção e a disposição das aberturas foram cuidadosamente planeadas para maximizar a iluminação natural sem comprometer o conforto térmico, complementadas pela utilização de brises-soleil, que contribuem para a gestão adequada da luz natural no interior do edifício. Além disso, a ventilação natural cruzada assegura a renovação eficiente do ar interior, elevando a qualidade ambiental e o bem-estar dos ocupantes (P7.15).

O projeto integra ainda sistemas passivos complementares, que incluem soluções de aproveitamento solar indireto e estratégias de armazenamento térmico, reforçando o desempenho energético global do edifício e consolidando a sua abordagem sustentável.

LIDER A — Avaliação LiderA

Uso ponderado de água

P 10

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese criterio | A++ | Gráfico Recursos | Avaliação global

Objetivo	Utilizar água racional para o serviço, assegurando um uso racional e sistemas eficientes.
Linhas de boas práticas	Assegurar a eficiência hídrica, reduzir o consumo de água primária proveniente da Rede de Abastecimento Pública definindo os consumos de água potável em litros/hab.dia (ou equivalente), através da leitura dos consumos provenientes de furo, da rede pública, ou da extração de um corpo de água superficial utilizando os contadores públicos ou próprios ou procedendo a simulações que estimem esses consumos. Adotar sistemas que tenham níveis elevados de certificação hídrica (A, A+, A++)

Fundamentação sintética da avaliação	Potencial Melhoria:
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existem)	E

P 10	Critérios a considerar:	Avaliação		21 Comprovado	0 Melhoria
P10.1	Reduzir as necessidades hídricas no edificado e exterior	21	(S, N, O)		
P10.2	Reduzir os níveis de consumo de água potável como objetivo principal e secundário reduzir outros usos. Estudos no projeto que efetuem a sua consideração (3 créditos);	3	S	3	0
P10.3	Lista de soluções a implementar (1 crédito por cada, quando se verifique em mais de 75% dos casos, mais um crédito no caso em que os produtos tem certificação de classe A, dois se tiverem classe A+ e três se tiverem classe A++):	0		0	0
P10.4	1. Uso de torneiras misturadoras e redutores de caudal;	3	S	3	0
P10.5	2. Equipamentos eficientes;	3	S	3	0
P10.6	3. Autoclismo de dupla descarga;	3	S	3	0
P10.7	4. Sistema sanitário "waterless";	3	S	3	0
P10.8	5. Utilização de águas pluviais para consumo secundário;	3	S	3	0
P10.9	6a. Sistemas de monitorização (além dos contadores de água e acessibilidade aos utilizadores);	3	S	3	0
P10.10	6b. Sistemas de deteção de fugas com elevada periodicidade (hora) e modos de prevenção;	3	N	0	0
P10.11	6c. Sistema de controlo e corte por zona (isolamento das fugas);	3	N	0	0
P10.12	7. Sistema de rega automatizado e eficiente (manutenção regular, gota-a-gota);	3	N	0	0
P10.13	8. Sistemas separativos para potencial reciclagem de águas cinzentas e negras (3 créditos).	3	N	0	0
P10.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 10	Uso ponderado de água								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Níveis de consumo água potável (l/hab.dia) ou l/m2 e nº de créditos	[0 - 19 ou 85 %[e/ou cumprimento de, pelo menos, 8 créditos	[19 - 47,5[e/ou cumprimento de 6 créditos	[47,5 - 95[e/ou cumprimento de 5 créditos	[95 - 119[e/ou cumprimento de 3 créditos	[119 - 142,5[e/ou cumprimento de 2 créditos	[142,5 - 167[e/ou cumprimento de 1 crédito	[167 - 190[	[190 - 214[	≥ 214

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Uso ponderado de água

O projeto foi desenvolvido com o objetivo de reduzir de alguma forma as necessidades hídricas do edifício, adotando soluções que promovem a utilização eficiente e responsável da água (P10.2) Foram implementados sistemas que asseguram a redução do consumo de água potável, contribuindo para a sustentabilidade global do empreendimento e alinhando-se com as boas práticas de gestão dos recursos naturais (P10.4).

Entre as medidas adotadas destacam-se a instalação de torneiras com redutores de caudal, que limitam o desperdício e otimizam o uso da água sem comprometer o conforto dos utilizadores (P10.4) Os equipamentos sanitários selecionados apresentam elevada eficiência hídrica, contribuindo para o uso racional do recurso (P10.5). O sistema de autoclismos de dupla descarga permite ajustar o volume de água utilizado conforme a necessidade, reforçando a economia e o controlo do consumo (P10.6).

Adicionalmente, foi previsto o aproveitamento de águas pluviais para usos secundários, como rega e lavagem de pavimentos, reduzindo a dependência da rede pública de abastecimento (P10.8).

LIDER A — Avaliação LiderA

Gestão da água local — P 11

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese critério | **A++** | E | Gráfico Recursos | Avaliação global

Objetivo: Contribuir para gerir as águas localmente.

Linhas de boas práticas: Fomentar a gestão das águas locais, nomeadamente as escorrências locais, e elaborar uma lista das medidas implementadas com vista à redução das escorrências e a assegurar uma gestão eficaz das águas locais. Definir o consumo de águas pluviais em litros/hab.dia (% ou equivalente), no edifício.

Fundamentação sintética da avaliação:

Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem):

Potencial Melhoria: E

P 11	Critérios a considerar:	Avaliação 11	(S, N, O)	10 Comprovado	0 Melhoria
P11.1	Gestão de águas pluviais e locais no edifício e lote:				
P11.2	1. Plano de gestão de águas locais com filtração (1 crédito);	1	S	1	0
P11.3	2. Retenção, tratamento de águas (se necessário) e descarga de águas de escorrência no local (2 créditos); drenagem de um sistema próprio que não o municipal (1 crédito);	2	S	2	0
P11.4	3. Recolha de águas pluviais nas áreas impermeabilizadas onde não ocorra circulação, nomeadamente na cobertura, telhado com terraços sem utilização, entre outros (1 crédito);	1	S	1	0
P11.5	4. Utilização da mesma para rega, recirculação, lavagem de pavimentos, entre outros (1 crédito);	1	S	1	0
P11.6	5. Utilização de lagos de sedimentação, piscinas, bacias de infiltração ou pântanos (1 crédito).	1	N	0	0
P11.7	6. Implementação de sistemas de drenagem sustentáveis (3 créditos)	3	S	3	0
P11.8	7. Controlo das escorrências e caudal sólido (2 créditos)	2	S	2	0
P11.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 11	Gestão da água local								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Percentagem do consumo total, proveniente de águas pluviais em litros/hab.dia (percentagem ou equivalente), no edifício N.º de créditos	» [90 - 100[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 5 das medidas referidas, sendo obrigatório o tratamento e direcionamento (>50% para ambos) para bacias próprias.	» [75 - 90[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 4 das medidas referidas, entre as quais, uma de tratamento e direcionamento para bacia ou semelhante.	» [50 - 75[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 3 das medidas referidas: entre as quais, uma de tratamento e direcionamento para bacia ou semelhante.	» [37,5 - 50[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de, pelo menos, 2 das medidas referidas.	» [25 - 37,5[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade; » Aplicação de pelo menos 1 das medidas referidas.	» [12,5 - 25[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	» [0 - 12,5[% de redução da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	» [0 - 12,5[% de aumento da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.	≥ 12,5 de aumento da escorrência imediatas de águas para pluvial ou linha de água na propriedade.
Valor	10	4	2	1,25	1,25	1,25	1	0,00	0,0

Modelo de Cálculo — **Observações**

Referências — **Observações**

Síntese — **Observações**

Gestão da água local

O projeto adota uma abordagem integrada à gestão das águas locais, com foco na retenção e reutilização das águas pluviais para fins não potáveis. Foi implementado um sistema de cisterna para o armazenamento de água pluvial, que permite a retenção e tratamento da água antes de ser utilizada em atividades, que já foram supracitadas, como rega de jardins, limpeza de pavimentos e outros usos secundários, reduzindo significativamente a dependência de água potável (P11.2, P11.3, P11.4 e P11.5). Além disso, a cobertura verde contribui para a absorção e retenção das águas pluviais, atuando como uma solução de drenagem natural que desacelera o escoamento superficial e promove a infiltração gradual da água no solo (P11.7 e P11.8).

LIDER A — Avaliação LiderA

Produtos e materiais de origem responsável — P 12

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese criterio | A++ | E | Gráfico Recursos | Avaliação global

Objetivo	Fomentar a utilização de materiais ambientais e outras origens responsáveis.
Linhas de boas práticas	Promover a utilização de materiais certificados ambientalmente, com práticas ambientais ou produzidos na região ou em Portugal.

Fundamentação sintética da avaliação	Potencial Melhoria:
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	E

P 12	Critérios a considerar:	Avaliação		Sé Comprovado	Melhoria
P12.1	Percentagem de materiais, face ao total utilizado de origem responsável (de baixo impacte, certificados ou produzidos localmente com cuidados ambientais)	50	(S, N, O)	0	0
P12.2	Por medidas prescritivas (número de créditos):	0		0	0
P12.3	Materiais e produtos de origem local (% peso ou valor económico): 1 crédito por cada 5 % de materiais provenientes até 150 km ou 10 % a nível nacional (para ser considerar local tem que ter uma taxa de incorporação de material ou valor superior a 50 %).	10	S	10	0
P12.4	Materiais com preocupações ambientais comprovadas e/ou baixo impacte: (evidencia de estudos ou elementos)	0		0	0
P12.5	» Produtos com Declarações Ambientais de Produto (nº de DAPs) 1 crédito por DAP até ao máximo de 10;	10	S	10	0
P12.6	» Produtos com Avaliações de Ciclo de Vida: 1 crédito por ACV até ao máximo de 5;	5	S	5	0
P12.7	» Identificação e divulgação dos conteúdos e de baixo impactes em parâmetros relevantes* 1 crédito por produto até ao máximo de 5 (Exemplo: Tintas, colas e selantes com reduzidos teores em COVs).	5	S	5	0
P12.8	Percentagem de materiais com critérios positivos (origem natural, conteúdo reciclado e outros*): 1 crédito por cada 5 % de materiais em peso até ao limite de 10.	10	S	10	0
P12.9	Percentagem de materiais evitados por critérios negativos (medidas para ou valores em que reduzem ou evitar produtos com materiais tóxicos*): 1 crédito por cada 10 % de materiais em peso até ao limite de 10 créditos. Por exemplo: Chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, benzeno, solventes clorados, PCB, PCT.	10	S	10	0
P12.10	Produtos certificados (rótulo ecológico, FSC, outros*, ou produtos acreditados pelo LiderA): 1 crédito por produto.	4	S	4	0
P12.11	* Os elementos em aberto devem ser propostos para aprovação à equipa técnico de coordenação do LiderA (incluindo a possibilidade de acreditação pelo LiderA)	0		0	0
P12.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 12	Produtos e materiais de origem responsável								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
% (kg/kg) dos materiais previsto a utilizar. Percentagem de materiais considerados responsáveis DU por modo prescritivo (nº de créditos)	[90 - 100[% > 20	[75 - 90[% 15	[50 - 75[% 10	[37,5 - 50[% 8	[25 - 37,5[% 6	[12,5 - 25[% 4	[10 - 12,5[% 2	[5 - 10[% Se presença de amianto ou de um outro produto perigoso ou de elevado risco	[0-5[% Se presença mais de que um produto perigoso ou de elevado risco
Peso	20	15	10	8	6	4	2	0,00	0,0

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Produtos e materiais de origem responsável

A seleção dos materiais e produtos utilizados neste projeto foi orientada por critérios de sustentabilidade, privilegiando origens locais e características ambientais comprovadas, de forma a reduzir os impactes associados ao transporte, à extração de matérias-primas e ao ciclo de vida dos materiais (P12.3)
A madeira utilizada provém de fornecedores com certificação de gestão florestal sustentável (FSC), garantindo a rastreabilidade da origem e a preservação dos ecossistemas florestais (P12.10).
As tintas e vernizes aplicados são de baixa emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), reduzindo os impactes ambientais e melhorando a qualidade do ar interior (P12.7).

LIDERA — Avaliação LiderA

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese critério | Gráfico Cargas | Avaliação global

Gestão do ruído — P 17

B

Objetivo	Reduzir as fontes de ruído e gerir as emissões acústicas (localização, horários).
Linhas de boas práticas	Identificar fontes de ruído provenientes de fontes internas (para Edifícios ou Reabilitação) ou de fontes externas (para Comunidades ou espaço público) (para a fase de operação) e reduzir os níveis de ruído produzidos

Fundamentação sintética da avaliação	Potencial Melhoria:
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	E

P 17	Critérios a considerar:	Avaliação		S	O
P17.1	Reduzir o ruído centrado nas fontes:	Σ2	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P17.2	Implementar soluções para reduzir as emissões de ruído para o exterior:	2	S	2	0
P17.3	1. Equipamentos:	2	N	0	0
P17.4	a) Equipamentos no interior silenciosos (potência sonora inferior a 50dB) (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	1	N	0	0
P17.5	b) Equipamentos no exterior silenciosos (potência sonora inferior a 50dB) (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	4	N	0	0
P17.6	2. Equipamentos no exterior silenciosos (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 2 créditos)	2	N	0	0
P17.7	3. Elementos de redução de ruído nos equipamentos (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% dos equipamentos – 4 créditos)	2	N	0	0
P17.8	4. Localização adequada de equipamentos que produzem ruído (até 50% dos equipamentos – 1 crédito, mais de 50% - 4 créditos)	-	N	0	0
P17.9	5. Deflectores que reduzam a propagação do som (até 50% dos equipamentos que produzem ruído – 1 crédito, mais de 50% - 2 créditos)	0 a 100 %	N	0	0
P17.10	6. Colocação de isolamentos adequados nas paredes interiores ou exteriores envolventes aos equipamentos que emitem ruídos (1 crédito entre]0 – 25[% das paredes, 2 créditos entre [25 – 50[%, 3 créditos entre [50 – 75[%, 4 créditos entre [75 – 100[%)	2	S	2	0
P17.11	Soluções de redução de ruído nas fontes externas (vias rodoviárias ou outras (próximas de atividades: até 25 % - 3 créditos; até 50 % 6 créditos, até 75% - 9 créditos; se superior a 75 % - 12 créditos; Outras reduções em fontes - 1 a 4 função da percentagem;	15	N	0	0
P17.x	Modelo ou cálculo alternativo	0		0	0

Limiares

P 17	Gestão do ruído								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº créditos	Foram implementadas a 13 créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [11 - 13[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [7 - 11[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [5 - 7[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [4 - 5[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre [2 - 4[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Foram implementadas entre]0 - 2[créditos com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	Não foram implementadas quaisquer medidas com vista a reduzir as emissões de ruído para o exterior	-
Score	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Modelo de Cálculo — Observações

Referências — Observações

Síntese — Observações

Gestão do ruído

O edifício adota soluções construtivas que asseguram uma redução eficaz da transmissão sonora, promovendo o conforto acústico interior (P17.2).

As fachadas exteriores são executadas com sistema ETICS utilizando isolamento em cortiça natural, material de origem renovável que apresenta boas propriedades de absorção acústica, contribuindo para a diminuição do ruído proveniente do exterior (P17.10).

Esta solução permite melhorar o isolamento entre o ambiente exterior e os espaços interiores, reduzindo a propagação de sons e assegurando melhores condições de bem-estar e habitabilidade.

Gestão de outras cargas ambientais

P 19

B

Objetivo: Redução do efeito de Ilha de calor e de iluminação (evitar poluição radiante).

Linhas de boas práticas: Reduzir efeito de Ilha de calor e de iluminação

Fundamentação crítica da avaliação

Oportunidades de Comprovar da Melhoria (se existirem)

Potencial Melhoria: E

P 19	Critérios a considerar:	Avaliação		19	0
		20	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P19.1	Efeitos térmicos (cada medida implementada até 50% de área - 1 crédito, mais que 50% de área - 2 créditos):	0		0	0
P19.2	1. Na exterior:	0		0	0
P19.3	a) Colocação de sombras sobre as áreas impermeáveis e/ou escuras;	1	S	1	0
P19.4	b) Minimização das superfícies impermeáveis: ruas, passeios e parques de estacionamento exteriores;	2	S	2	0
P19.5	c) Existência de estacionamento subterrâneo ou à superfície com sombreamento ao invés do estacionamento a céu aberto;	2	N	0	0
P19.6	d) No exterior, aplicação de materiais de construção adequados às condições climatéricas locais. Ter em conta: refletância(albedo); emissividade (radiação térmica);	2	S	2	0
P19.7	e) Presença de arborização;	2	S	2	0
P19.8	f) Existência de corpos hídricos com médio/elevado impacte na redução da(s) temperatura(s) local(s) (1 crédito).	2	N	0	0
P19.9	2. No fabricado:	0		0	0
P19.10	a) Fachadas, coberturas e/ou telhado, passeios/espaços comuns exteriores (1 crédito por cada elemento com cores claras OU 2 créditos por cada elemento com vegetação);	2	S	0	0
P19.11	b) Disposição e morfologia adequada do edifício em relação às brisas/ventos locais predominantes (1 crédito);	2	N	0	0
P19.12	c) Existência de uma relação adequada entre os edifícios envolventes que permita a circulação de ar entre eles. Quanto > é a área livre entre eles > é o efeito de atenuação da "Ilha de calor" (1 crédito).	2	S	2	0
P19.13	Efeitos luminosos (cada medida implementada até 50% - 1 crédito, mais que 50% - 2 créditos):	0	N	0	0
P19.14	1. Utilização de luminárias com intensidade adequada e cuja projeção de luz incida somente na área a iluminar pretendida;	2	N	0	0
P19.15	2. Controlo do tipo de iluminação passível de prejudicar habitats humanos e naturais (ex: poluição, painéis luminosos);	2	N	0	0
P19.16	3. Possibilidade de controlo da iluminação: intensidade e horários de iluminação.	2	N	0	0
P19.A	Modelo ou Cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 19	Gestão de outras cargas ambientais								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº créditos	Implementaram-se ≥ 20 créditos, e pelo menos 4 créditos na iluminação	Implementaram-se entre [17 - 20] créditos, e pelo menos 3 créditos na iluminação	Implementaram-se entre [14 - 17] créditos, e pelo menos 3 créditos na iluminação	Implementaram-se entre [11 - 14] créditos	Implementaram-se entre [8 - 11] créditos	Implementaram-se entre [5 - 8] créditos	Implementaram-se entre [0 - 4] créditos	-	-

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Sistema | Gestão de outras cargas ambientais | Observações

O projeto incorpora diversas estratégias para minimizar os impactos ambientais locais, nomeadamente a redução de superfícies impermeáveis, o uso de materiais adequados ao clima, e a integração de vegetação, contribuindo para o conforto térmico e ambiental do conjunto edificado.

As áreas exteriores foram projetadas com pavimentos permeáveis e zonas ajardinadas, favorecendo a infiltração natural das águas pluviais e reduzindo o escoamento superficial. Esta opção contribui para a recarga do solo e para a mitigação de problemas associados à impermeabilização excessiva (P19.4).

Adicionalmente, o edifício foi implantado de forma a manter uma boa relação entre os volumes construídos e as áreas livres, permitindo circulação de ar adequada e a renovação natural do ar entre os edifícios, promovendo conforto térmico passivo (P19.12).

Avaliação LiderA

Mobilidade ativa

P 24

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese critério | B | E | Gráfico Vivências | Avaliação global

Objetivo	Contribuir para desenvolver sistemas e soluções de mobilidade ativa (pedonal, cicláve) e mobilidade de baixo impacte
Linhas de boas práticas	Promover soluções de mobilidade de baixo impacte passíveis de serem implementadas. Qualificar infraestruturas e serviço

Fundamentação sintética da avaliação	
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	

Potencial Melhoria: **E**

P 24	Critérios a considerar:	Avaliação		B	D
		20	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P24.1	Medidas a aplicar:				
P24.2	Plano de análise dos melhores caminhos e otimização para mobilidade ativa (4 créditos)	4	N	0	0
P24.3	1. Caminhos pedonais:	0		0	0
P24.4	a) se existirem junto ao edifício (1 crédito);	1	S	1	0
P24.5	b) se as dimensões forem adequadas ao fluxo de pessoas que, porventura, realizarão diariamente esse trajeto (2 créditos);	1	S	1	0
P24.6	c) se forem totalmente pedonais (3 créditos).	1	N	0	0
P24.7	2. Ciclovias num raio de 100m (1 crédito);	1	N	0	0
P24.8	3.Para cada um dos seguintes dois pontos atribuir 2 créditos se a medida afetar até 50% dos habitantes/utilizadores e 3 créditos se afetar mais do que 50%:	0		0	0
P24.9	a) Parqueamento de bicicletas;	3	S	3	0
P24.10	b) se as dimensões forem adequadas ao fluxo de pessoas que, porventura, realizarão diariamente esse trajeto (2 créditos).	3	S	3	0
P24.11	4. Existência de lugares de estacionamento exclusivos para veículos ecológicos (2 créditos);	2	N	0	0
P24.12	5. Posto de carregamento de veículos elétricos (2 créditos);	2	N	0	0
P24.13	6. Serviços de transferes (1 crédito);	1	N	0	0
P24.14	7. Contrato serviço de soluções de mobilidade ativa (1 crédito) ou baixo impacte (1 crédito);	1	N	0	0
P24.x	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 24	Mobilidade ativa								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos	Implementaram-se 15 créditos	Implementaram-se 12 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 9 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 7 créditos (incluindo o ponto 1)	Implementaram-se 5 créditos (incluindo o ponto 1)	Foi implementado apenas 3 créditos (incluindo o ponto 1)	Cumprimentos do ponto 1	Acessos pedonais muito precários e inseguros	Inexistência de acessos pedonais
Valor	15	12	9	7	5	3	1	0,50	0,25

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Mobilidade ativa

O projeto incentiva a mobilidade ativa e sustentável, através da criação de condições adequadas à circulação pedonal e cicláve (P24.4).

O edifício dispõe ainda de zona de parqueamento para bicicletas, dimensionada para responder à procura prevista e localizada de forma prática e protegida, incentivando o uso de meios de transporte não motorizados (P24.9).

Estas medidas contribuem para a redução da dependência automóvel, a melhoria da qualidade ambiental e a promoção de hábitos de mobilidade saudável.

LIDERA — Avaliação Liderá

Amenidades amigáveis

P 31

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Sistema critérios | C | Gráfico Vivências | Avaliação global

Objetivo: Criar condições para ter amenidades amigáveis ou acessa às mesmas.

Linhas de boas práticas: Aproveitar a proximidade de amenidades (ou contribuir para a seu acesso e se possível para o seu desenvolvimento)
Quantificar as amenidades naturais e humanas existentes na envolvente do bairro (raio de 500m a 1000m). Determinar a distância a cada uma dessas amenidades, segundo um percurso que possa ser facilmente percorrível a pé.

Fundamentação crítica da avaliação:

Oportunidades de Compreender ou Melhoria (se existirem):

Potencial Melhoria: E

P 31	Critérios a considerar:	Avaliação		9 Comprovável	0 Melhoria
P31.1	Contabilizar o 7 de amenidades naturais e humanas acessíveis a pé:	20	(S, N, O)		
P31.2	1. Amenidades naturais existentes:	0		0	0
P31.3	» Parque urbano (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.4	» Área florestal natural/bosque (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.5	» rio (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.6	» charco temporário (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.7	» lago (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.8	» mar (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.9	» ecopista, ecovia, ciclovia (1 amenidade).	1	N	0	0
P31.10	2. Amenidades humanas existentes:	0		0	0
P31.11	» Loja de gêneros alimentares (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.12	» Loja produtos alimentares locais (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.13	» Farmácia (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.14	» Unidade de saúde pública (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.15	» Infantário, Escola primária e/ou secundária (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.16	» Posto de bombeiros (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.17	» Esquadra de P.S.P. (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.18	» Transportes públicos frequentes, mínimo 8 horários/dia (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.19	» Parque infantil (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.20	» Loja de bricolagem (1 amenidade);	1	S	1	0
P31.21	» Estação ferroviária, rodoviária, marítima (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.22	» Posto de correios (1 amenidade);	1	N	0	0
P31.23	» Banco (1 amenidade).	1	N	0	0
P31.4	Modelo ou cálculo alternativo	-		0	0

Limiares

P 31	Amenidades amigáveis								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº amenidades existentes	Existência de + de 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de gêneros alimentares e farmácia, e a existência de pelo menos 5 amenidades naturais até 500m	Existência de mais de 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de gêneros alimentares e farmácia, com a existência de pelo menos 6 amenidades naturais até 500m	Existência de 3 a 5 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de gêneros alimentares, e existência de 3 amenidades naturais até 500m	Existência de pelo menos 3 amenidades humanas, entre as quais pelo menos uma loja de gêneros alimentares, com existência de 2 amenidades naturais até 1000m	Existência de pelo menos 3 amenidades humanas e existência de 1 amenidades naturais até 1000m	Existem até 3 amenidades humanas e/ou naturais a uma distância de 500m	Existem até 3 amenidades humanas e/ou naturais a uma distância de 1000m	Não existem quaisquer amenidades (humanas ou naturais) a uma distância de pelo menos 500m	Não existem quaisquer amenidades (humanas ou naturais) a uma distância de pelo menos 1000m
Valor	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Modelo de Cálculo | **Observações**

Referências | **Observações**

Síntese — **Amenidades amigáveis** — **Observações**

O edifício localiza-se numa área urbana consolidada, bem servida por amenidades humanas e serviços essenciais, o que favorece a qualidade de vida dos utilizadores e reduz a dependência do automóvel (P31.10).
Nas proximidades existem comércios de bens alimentares, incluindo lojas de produtos locais, bem como farmácia, escola de ensino básico, parque infantil e serviços públicos, como esquadra da P.S.P (P31.11, P31.12, P31.13, P31.15 P31.17, P31.19 e P31.20)
A área é ainda servida por transportes públicos regulares, garantindo uma ligação eficiente ao restante tecido urbano (P31.18).
Esta localização privilegiada proporciona acesso pedonal fácil e seguro a múltiplas amenidades, incentivando uma mobilidade sustentável, a vida de bairro ativa e o bem-estar social.

LIDERA — Avaliação LiderA

Baixos custos no ciclo de vida

P 33

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Síntese critério | A | E | Gráfico Vivências | Avaliação global

Objetivo	Desenvolver soluções de custo mais reduzido no ciclo de vida.
Linhas de boas práticas	Fomentar uma boa relação custo/qualidade dos materiais, equipamentos, sistemas, elementos existentes no edifício
Fundamentação sintética da avaliação	
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)	
Potencial Melhoria:	E

P 33	Critérios a considerar:	Avaliação		G	O
		22	(S, N, O)	Comprovado	Melhoria
P33.1	Promover soluções com um balanço positivo no ciclo de vida de procura da sustentabilidade	4	N	n	n
P33.2	Efetuar os custos no ciclo de vida no planeamento ou projeto num horizonte de vida 50 anos (2 créditos). Se inclui um processo de otimização dos custos no ciclo de vida (2 créditos).	2	N	0	0
P33.3	Soluções de elevado desempenho ambiental com reduzidos custos de operação (se disponível valor de custo de operação por m2), ou medidas a aplicar:	2	N	0	0
P33.4	1. Seleção de equipamentos com baixos custos de funcionamento (ex. iluminação: uso da lâmpadas/luminárias de baixo consumo), frigorífico e outros, (até 50% dos sistemas: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.5	2. Sistemas de poupança de energia e água (até 50% dos sistemas: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.6	3. Escolha adequada de materiais duráveis e resistentes com elevado tempo de vida útil (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	2	S	2	0
P33.7	4. Uso de materiais com alto aproveitamento na reciclagem (alumínio, ferro e madeira) (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.8	5. Correta aplicação dos materiais de acordo com as suas durabilidades e com as exigências a que estão submetidos (1 crédito).	2	N	0	0
P33.9	6. Seleção de materiais e sistemas de fácil manutenção (ex.: uso da foto catálise em materiais autolimpantes), (até 50% dos materiais: 1 crédito, mais de 50%: 2 créditos).	1	S	1	0
P33.10	7. Sistemas de dinâmicos em tempo real, de contratação de energia verde (ou de baixo impacte), podendo efetuar a sua aquisição em momentos de custos mais reduzidos (1 crédito).	1	N	0	0
P33.11	8. Instalação de contador para água potável e água de outros usos (rega, etc.) (1 crédito).	3	N	0	0
P33.12	9. Soluções de custos controlados documentada considerando bom desempenho ambiental (2 créditos), se evidenciar um análise geral acresce 1 crédito.	-		0	0
P33.x	Modelo ou cálculo alternativo				

Limiares

P 33	Baixos custos no ciclo de vida								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
nº de créditos (Euros/m2)	Implementaram-se pelo menos 10 créditos	Implementaram-se 7 créditos	Implementaram-se 5 créditos	Implementaram-se 4 créditos	Implementaram-se 3 créditos	Implementaram-se 2 créditos	Implementaram-se 1 créditos	-	-
Fator	10	4	2	1,6	1,33	1,14	1	0,89	0,8

Modelo de Cálculo | Observações

Referências | Observações

Síntese | Observações

Baixos custos no ciclo de vida

O projeto adota sistemas eficientes de poupança de energia e água. Foram selecionados materiais duráveis, resistentes e recicláveis, como alumínio, aço e madeira certificada, garantindo baixo custo de manutenção e elevada longevidade (P33.5, P33.6 e P33.7). A aplicação correta dos materiais, conforme as suas propriedades, assegura desempenho e durabilidade, enquanto a contratação dinâmica de energia verde permite reduzir custos operacionais e dependência de fontes fósseis (P33.8 e P33.10).

LIDER

Avaliação Líderal

Manutenção e gestão para a sustentabilidade

P 38

Índice | Limiares | Modelo de cálculo | Referências | Sistema criteria | A++ | Gráfico Line | Avaliação global

Objetivo

Implementar sistemas de gestão e manutenção para a sustentabilidade.

Linhas de boas práticas

Sistemas de gestão ambiental, ou modos de gestão, incluindo controlabilidade ao nível de conforto em 5 grandes áreas:
Temperatura, Humidade, Ventilação, Sombreamento e Iluminação. Devem se procurar soluções que possam abranger todas essas áreas e que promovam a interação entre as mesmas, resultando num melhor comportamento do conjunto edificado e numa maior eficácia na obtenção dos níveis de conforto adequados para os utentes.
Acessibilidade na limpeza de zonas exteriores (envidraçados, coberturas, sistemas de drenagem e outras zonas)
Integração de BIM
Existência de sistema de gestão ou manual para o gestor (facility manager - FM). Programas FM serviços de infraestruturas: Limpeza geral; limpezas dos vidros, fachadas, jardins, receção, segurança; Serviços técnicos: Operação, revisão periódica, inspeção e serviços.
Custo de energia, taxas municipais.
Soluções e modos de gestão dos materiais perigosos ou com impacte (refrigerantes, ...), resíduos.

Fundamentação sintética da avaliação		Potencial Melhoria
Oportunidades de Comprovar ou Melhoria (se existirem)		E

P 38	Critérios a considerar:	Avaliação		38 Comprovar	0 Melhoria
P38.1	Quantificação das medidas que visam dotar os utentes de capacidade de controlo.	41	(S, N, Q)		
P38.2	Receção de soluções com procedimentos sistemático de comissionamento e teste de desempenho (2 créditos).	2	N	0	0
P38.3	Serviços, inspeção e atualização dos elementos existentes (memórias, peças desenhadas(periódicos (verificação anual) (2 créditos) se BIM (1 créditos).	4	N	0	0
P38.4	1. EXTERIOR - Uma crédito para cada um dos aspetos controlados em pelo menos 50% da área:	0		0	0
P38.5	a)vento;	1	S	1	0
P38.6	b) sombreamento;	1	S	1	0
P38.7	c) iluminação (natural ou artificial).	1	S	1	0
P38.8	2. ÁREAS INTERIORES (divisões principais) créditos para a controlabilidade:	0		0	0
P38.9	(legenda: Ma – mecânico sem programação, Ma – manual, Mp – mecânico programável). S - por sensor (automática)	0		0	0
P38.10	a)Temperatura: se Mm – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.11	b) Humidade: se Mm – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.12	c) Ventilação natural: se Mm – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.13	d) Ventilação artificial: se Mm – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	3	S	3	0
P38.14	e) Sombreamento de vãos envidraçados: se Mm – 1 crédito, se Mm – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.15	f) Iluminação artificial: se Mm – 2 créditos, se Mp – 3 créditos;	2	S	2	0
P38.16	g)Iluminação natural: se Mm – 1 crédito, se Ma – 2 créditos, se Mp – 3 créditos.	2	S	2	0
P38.17	3. ÁREAS INTERIORES (wc's e áreas de passagem)	0		0	0
P38.18	a)Iluminação artificial: se Ma – 1 crédito, se S – 2 créditos.	1	S	1	0
P38.19	4. ÁREAS COMUNS:	0		0	0
P38.20	a)Iluminação artificial: Iluminação artificial: se os dispositivos forem Ma – 1 crédito, se forem S – 2 créditos (até 50% dos dispositivos), S – 3 créditos (mais de 50%).	1	S	1	0
P38.21	5. ACESSIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO E LIMPEZA (2 créditos por cada):	0		0	0
P38.22	a)Acessibilidade na limpeza de zonas exteriores (envidraçados ou coberturas):	2	S	2	0
P38.23	b) Sistemas de drenagem;	2	S	2	0
P38.24	c) Zonas obstruídas (por exemplo radiadores e zonas de difícil acesso).	2	N	0	0
P38.x	Modelo auxiliado alternativo	-		0	0
P39.1	Medidas a implementar na monitorização:	10		0	0
P39.2	1. Sistemas de monitorização - água, energia, materiais, resíduos, entre outros - 1 crédito por cada dimensão.	2	S	2	0
P39.3	2. Se o sistema for automatizado contínuo ou períodos inferiores a 1 dia acrescer 1 crédito em cada aspeto ambiental referido.	2	N	0	0
P39.4	3. Sistema integrado de monitorização e de publicação para as partes interessadas acrescer um 2 créditos.	2	N	0	0
P39.5	Medidas a implementar na governança:	8		0	0
P39.6	1. Promover na fase inicial de projeto uma troca alargada de informação entre as responsáveis pelo projeto e os eventuais utilizadores do espaço (2 créditos).	2	S	2	0
P39.7	2. Promover reuniões periódicas nas várias fases do projeto e sensibilização entre projetistas e utilizadores (2 créditos).	2	N	0	0
P39.8	3.Tomadas de decisão da equipa, paralelamente à consulta da população local (2 créditos).	2	N	0	0
P39.9	4. Interação com a população durante a fase de operação (ex.: implementação de sistemas online - internet das medidas. (3 créditos).	3	N	0	0
P39.10	5. Implementar um sistema de monitorização com periodicidade temporal adequada (pelo menos mensal) para energia, água, materiais e resíduos. (3 créditos).	3	N	0	0
P39.x	Modelo auxiliado alternativo	-		0	0

Limiares

P 38	Manutenção e gestão para a sustentabilidade								
Unidades	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Nº de créditos com vista a verificar o nível de controlabilidade do ambiente interior e exterior	Implementam-se a 21 créditos	Implementam-se entre (17 - 20) créditos	Implementam-se entre (10 - 17) créditos	Implementam-se entre (8 - 10) créditos	Implementam-se entre (6 - 8) créditos	Implementam-se entre (4 - 6) créditos	Implementam-se (1 - 4) créditos	Não foram implementadas quaisquer créditos com vista a verificar o nível de controlabilidade do ambiente interior e exterior	-
P39.x	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Modelo de Cálculo | **Observações**

Referências | **Observações**

Sintese | **Observações**

Manutenção e gestão para a sustentabilidade

O edifício dispõe de sistemas de controlo ambiental que otimizam as condições interiores e exteriores, garantindo conforto e eficiência energética. A ventilação natural e artificial, o sombreamento e a iluminação são controláveis manual ou mecanicamente (através também da abertura/fecho dos brises soleis). Permitindo o controlo da temperatura, humidade e iluminação (P38.5 até P38.23).

Instituto Superior
de Engenharia
Politécnico de Coimbra