

Universidades Lusíada

Valentim, Iolanda Carina dos Santos Bernardino
1982-

Sustentabilidade na arquitetura : aplicação do conceito passive house em Portugal

<http://hdl.handle.net/11067/7423>

Metadata

Issue Date 2023

Abstract O atual padrão de consumo de energia, predominantemente dependente do petróleo, e as suas taxas de crescimento observadas, constituem a fonte subjacente de numerosos desafios com que a humanidade se confronta. As reservas de petróleo são finitas e estão a esgotar-se rapidamente. A fiabilidade e a sustentabilidade do aprovisionamento energético têm sido objeto de escrutínio. Além disso, a atual concentração de dióxido de carbono na atmosfera representa uma ameaça iminente para a estabilidade do p...

The current pattern of energy consumption, predominantly dependent on oil, and its observed growth rates, are the underlying source of numerous challenges facing humanity. Oil reserves are finite and rapidly running out. The reliability and sustainability of energy supplies have been scrutinised. In addition, the current concentration of carbon dioxide in the atmosphere poses an imminent threat to the stability of the planet. If corrective measures are not taken, humanity could be forced to adap...

Keywords Edifícios Sustentáveis, Arquitetura sustentável, Arquitetura e conservação de energia

Type masterThesis

Peer Reviewed No

Collections [ULL-FAA] Dissertações

This page was automatically generated in 2025-04-29T12:11:36Z with information provided by the Repository



UNIVERSIDADE LUSÍADA
FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES
Mestrado Integrado em Arquitetura

Sustentabilidade na arquitetura: aplicação do
conceito **passive house** em Portugal

Realizado por:
Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

Orientado por:
Prof. Doutor Arqt. Mário João Alves Chaves

Constituição do Júri:

Presidente: Prof.^a Doutora Arqt.^a Helena Cristina Caeiro Botelho
Orientador: Prof. Doutor Arqt. Mário João Alves Chaves
Arguente: Prof. Doutor Arqt. Bernardo d'Orey Manoel

Dissertação aprovada em: 16 de fevereiro de 2024

Lisboa

2023



U N I V E R S I D A D E L U S Í A D A

FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES

Mestrado Integrado em Arquitetura

Sustentabilidade na arquitetura: aplicação do conceito *passive house* em Portugal

Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

Lisboa

Novembro 2023



UNIVERSIDADE LUSÍADA

FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES

Mestrado Integrado em Arquitetura

Sustentabilidade na arquitetura: aplicação do
conceito *passive house* em Portugal

Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

Lisboa

Novembro 2023

Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

Sustentabilidade na arquitetura: aplicação do conceito *passive house* em Portugal

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada para a obtenção do grau de Mestre em Arquitetura.

Orientador: Prof. Doutor Arqt. Mário João Alves Chaves

Lisboa

Novembro 2023

FICHA TÉCNICA

Autora Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim
Orientador Prof. Doutor Arqt. Mário João Alves Chaves
Título Sustentabilidade na arquitetura: aplicação do conceito *passive house* em Portugal
Local Lisboa
Ano 2023

CASA DO CONHECIMENTO DA UNIVERSIDADE LUSÍADA - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

VALENTIM, Iolanda Carina dos Santos Bernardino, 1982-

Sustentabilidade na arquitetura : aplicação do conceito *passive house* em Portugal / Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim ; orientado por Mário João Alves Chaves. - Lisboa : [s.n.], 2023. - Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada.

I - CHAVES, Mário João Alves, 1965-

LCSH

1. Edifícios sustentáveis
2. Arquitetura sustentável
3. Arquitetura e conservação de energia
4. Universidade Lusíada. Faculdade de Arquitetura e Artes - Teses
5. Teses - Portugal - Lisboa

1. Sustainable buildings

2. Sustainable architecture

3. Architecture and energy conservation

4. Universidade Lusíada. Faculdade de Arquitetura e Artes - Dissertations

5. Dissertations, academic - Portugal - Lisbon

LCC

1. NA2542.3.V35 2023

Ao professor Mário João Alves Chaves, pela orientação e permanente disponibilidade.

Ao meu marido Horácio e à minha Chica, pela cumplicidade, motivação, compreensão, paciência infinita, pelo tempo que me deram, pela paz que me transmitiram e ajuda imprescindível.

Aos meus pais, por me terem inculcado os valores que fizeram de mim a pessoa que hoje sou e sobretudo pelo apoio, compreensão, carinho e confiança demonstrados ao longo de toda a minha vida.

À minha avó Mimi, o prometido é devido!

(...) “Passam além do ofício de arquiteto, tornando-se matemáticos, aqueles a quem a natureza atribuiu inteligência, agudeza de espírito e memória, de modo a poderem ter um conhecimento profundo de geometria, astronomia, música e outras ciências. Eles poderão facilmente argumentar acerca daquelas disciplinas, porque estão armados com os dardos de muitos saberes.”

Vitrúvio

APRESENTAÇÃO

Sustentabilidade na Arquitetura: aplicação do conceito *Passive House* em Portugal

Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

O atual padrão de consumo de energia, predominantemente dependente do petróleo, e as suas taxas de crescimento observadas, constituem a fonte subjacente de numerosos desafios com que a humanidade se confronta. As reservas de petróleo são finitas e estão a esgotar-se rapidamente. A fiabilidade e a sustentabilidade do aprovisionamento energético têm sido objeto de escrutínio. Além disso, a atual concentração de dióxido de carbono na atmosfera representa uma ameaça iminente para a estabilidade do planeta. Se não forem tomadas medidas corretivas, a humanidade poderá ser obrigada a adaptar-se a um aumento médio da temperatura de 6°C, um cenário que perturbaria fundamentalmente o equilíbrio do nosso planeta.

Os esforços para transformar o paradigma energético prevalecente não são apenas uma perspetiva para um futuro distante; exigem respostas imediatas e o estabelecimento de objetivos ambiciosos. É imperativo reduzir o consumo de energia e fazer a transição para fontes de energia alternativas. O conceito de passive house surgiu como uma solução pragmática e eficiente, respondendo a preocupações relacionadas com a eficiência energética, a viabilidade económica e o conforto geral.

A tarefa que temos em mãos envolve a implementação do conceito de Casa Passiva em projetos de construção em Portugal e a elevação dos padrões de eficiência energética e de conforto do parque edificado existente, mantendo ao mesmo tempo a acessibilidade económica. Ao fazê-lo, podemos contribuir significativamente para a redução do consumo de energia, a mitigação das emissões de CO₂ e o aumento da autossuficiência energética do nosso país. O objetivo principal desta dissertação é apresentar e analisar uma iniciativa de casa passiva, contribuindo assim para a exploração da sustentabilidade no domínio da arquitetura em Portugal.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Eficiência Energética, Passive House, Conforto Térmico.

PRESENTATION

Sustainability in architecture: application of the passive house concept in Portugal

Iolanda Carina dos Santos Bernardino Valentim

The current pattern of energy consumption, predominantly dependent on oil, and its observed growth rates, are the underlying source of numerous challenges facing humanity. Oil reserves are finite and rapidly running out. The reliability and sustainability of energy supplies have been scrutinised. In addition, the current concentration of carbon dioxide in the atmosphere poses an imminent threat to the stability of the planet. If corrective measures are not taken, humanity could be forced to adapt to an average temperature rise of 6°C, a scenario that would fundamentally upset the balance of our planet.

Efforts to transform the prevailing energy paradigm are not just a prospect for the distant future; they require immediate responses and the setting of ambitious goals. It is imperative to reduce energy consumption and make the transition to alternative energy sources. The passive house concept has emerged as a pragmatic and efficient solution, responding to concerns related to energy efficiency, economic viability and general comfort.

The task at hand involves implementing the Passive House concept in construction projects in Portugal and raising the energy efficiency and comfort standards of the existing building stock, while maintaining affordability. In doing so, we can make a significant contribution to reducing energy consumption, mitigating CO₂ emissions and increasing our country's energy self-sufficiency. The main aim of this dissertation is to present and analyse a passive house initiative, thus contributing to the exploration of sustainability in the field of architecture in Portugal.

Keywords: Sustainability; Energy Efficiency, Passive House, Thermal Comfort.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 -Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. (fonte: ONU, 2015).....	30
Ilustração 2 - Aspeto exterior e interior do edifício The Edge. (Fonte: https://edge.tech/developments/the-edge).	40
Ilustração 3 - Pormenor de uma rua de Masdar City. (fonte: UAE News 24/7).	40
Ilustração 4 - Bullitt Center, Seattle, EUA (Fonte: Bullitt Center.org).....	41
Ilustração 5 - Casa do Quociente Bio-Inteligente (BIQ) (Fonte: https://www.reddit.com/)	42
Ilustração 6 - Bosco Verticalie (Fonte: Stylepark).	46
Ilustração 7 - BedZED, Londres, Reino Unido (Fonte: www.bioregional.com).	47
Ilustração 8 - CopenHill, Copenhaga – Dinamarca. (fonte BCC News).	49
Ilustração 9 - As “superárvores” do Garden by the Bay, Singapura. (fonte: Civitatis). 50	
Ilustração 10 - Federation Square em Melbourne, Austrália. (fonte: Visit Melbourne).	51
Ilustração 11 - Sonae Tch Hub, Maia, Portugal. (fonte: SONAE).	52
Ilustração 12 - <i>Passive House</i> de Kranichstein, Darmstadt, Alemanha. (fonte: Green Building Advisor).....	54
Ilustração 13 - Características da <i>Passive House</i> de Kranichstein. (fonte: EcoHabitat).	54
Ilustração 14 - Isolamento contínuo na envolvente do edifício. (Fonte: Passivhaus Institut, 2012).	57
Ilustração 15 - As primeiras Passive Houses certificadas em Portugal (Fonte: Homegrid)	65
Ilustração 16 - Ortofotomapa localização da moradia no concelho de Oeiras (Fonte: Geoportal, Oeiras Interativa 2023)	77
Ilustração 17 - Fotografia aérea da área implantação do lote (Fonte: Geoportal, Oeiras Interativa 2023).....	78
Ilustração 18 - Planta de Cobertura e Planta Piso Térreo.	80
Ilustração 19 - Planta de Localização do Lote	81
Ilustração 20 - Planta de Implantação.....	82
Ilustração 21 - Alçados Nordeste e Noroeste	83
Ilustração 22 - Alçados Sudeste e Sudoeste	84
Ilustração 23 - Enquadramento geral construtivo da fachada Sudeste	85
Ilustração 24 - Pormenor construtivo da fachada Sudeste (Corte 1 – vão tipo) (Corte 2 – vão em transição com a caleira).....	86
Ilustração 25 - Pormenor construtivo Laje de Cobertura tipo.....	87
Ilustração 26 - Pormenor construtivo Parede Exterior Tipo em Planta.	88
Ilustração 27 - Vão de Correr Tipo – Planta.....	89
Ilustração 28 - Solução construtiva do Vão de Janela tipo.	90

Ilustração 29 - : Esquema de princípio do sistema de ventilação (Fonte: Nilan, 2012)	91
Ilustração 30 - Diagrama com as seis vertentes e as vinte e duas áreas do sistema LiderA. (Fonte: LiderA, 2011).	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fatores para a definição de sustentabilidade	28
--	-----------

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

- CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
- ENDS - Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável
- EPBD - Energy Performance of Buildings Directive
- IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologi
- IPHA - International Passive House Association
- IPHI - International Passive House Institute
- PHPP - Passive House Planning Package
- QAI - Qualidade do Ar Interior

SUMÁRIO

Capítulo I - Introdução	21
1. Apresentação e Justificação do Tema.....	21
2. Objetivos da Dissertação.....	23
3. Estrutura da Dissertação	25
Capítulo II – Enquadramento Teórico.....	27
1. Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável.....	27
2. Arquitetura Sustentável	35
2.1. Origem e Evolução	37
2.2. Princípios e Estratégias	43
2.3. Principais Exemplos Internacionais	49
2.4. Principais Exemplos Nacionais.....	52
3. Passive Houses - Origem e Fundamentos	53
3.1. Envolvente Opaca do Edifício.....	56
3.2. Vãos Envidraçados.....	57
3.3. Estanquidade.....	58
3.4. Ventilação	59
3.5. Ganhos Solares e Ganhos Internos	61
3.6. Modelação Energética – Cálculo Balanço Energético.....	61
3.7. Importância da Eficiência Energética	62
3.8. A Situação em Portugal	65
4. As <i>Active Houses</i>	69
Capítulo III -Estudo de Caso: Análise de uma <i>Passive House</i>	75
1. Metodologia	75
2. O processo do Conceito <i>Passive House</i>	77
3. A definição dos Princípios <i>Passive House</i> Aplicados ao Projeto	79
3.1. Otimização	79
3.2. Forma	79
3.3. Envolvente Opaca	82
3.4. Sombreamento	89
3.5. Envolvente Translúcida	89
3.6. Ventilação	91
3.7. A Estanquidade	92

3.8. Equipamento.....	92
3.9. Outras Considerações	92
Capítulo V – Conclusões	95
1. Recomendações para Futuras Pesquisas.....	95
2. Conclusão.....	97
Referências	99

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICAÇÃO DO TEMA

A sustentabilidade na arquitetura tornou-se um tema crucial no campo da construção devido à crescente preocupação global com as alterações climáticas e o esgotamento dos recursos naturais. O conceito de Casa Passiva, um rigoroso padrão de eficiência energética para edifícios, tem ganho uma atenção significativa como estratégia de design sustentável. Esta tese de mestrado visa explorar a aplicação do conceito de Casa Passiva em Portugal como uma solução sustentável para a redução do consumo de energia e das emissões de carbono nos edifícios.

Portugal tem um clima mediterrânico ameno, o que o torna um país ideal para implementar o conceito de Casa Passiva. O país também estabeleceu metas ambiciosas para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 55% até 2030 e tornar-se neutro em carbono até 2050. Atingir estas metas exigirá uma redução significativa no consumo de energia e nas emissões de carbono nos edifícios. Como resultado, a aplicação do conceito de Casa Passiva em Portugal pode desempenhar um papel vital na concretização destes objectivos.

Além disso, o conceito de Casa Passiva tem sido implementado com sucesso noutros países, tais como a Alemanha, Áustria e Suécia, e provou ser uma estratégia eficaz para reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono nos edifícios. No entanto, existe uma falta de investigação sobre a aplicação do conceito de Casa Passiva em Portugal, e esta tese pretende preencher essa lacuna.

O tema das casas passivas tem um profundo interesse pessoal e é essencial tanto para a minha atual dissertação como para as minhas futuras aspirações profissionais. As casas passivas representam uma abordagem inovadora à arquitetura sustentável e às práticas de construção eficientes do ponto de vista energético, o que faz com que sejam um tema que ressoa profundamente com os meus valores e ambições profissionais.

De uma perspetiva pessoal, o meu fascínio pelas casas passivas deriva de uma forte consciência ambiental. Testemunhando os efeitos alarmantes das alterações climáticas e do esgotamento dos recursos, há muito que sinto uma responsabilidade imperiosa de contribuir para soluções sustentáveis. As casas passivas são um farol de esperança a este respeito, uma vez que reduzem drasticamente o consumo de energia, as emissões

de gases com efeito de estufa e a nossa pegada ecológica global. Essencialmente, proporcionam uma forma tangível de abordar as preocupações ambientais globais.

Para além da ligação pessoal, as casas passivas podem também ter um importante papel a nível de políticas de habitação. A construção de Casas Passivas pode, de facto, representar uma solução significativa para a atual crise de habitação que muitas cidades enfrentam, onde as rendas se estão a tornar proibitivas para a maioria das pessoas. As casas passivas são um tipo de construção altamente eficiente em termos energéticos, concebidas para manter um clima interior confortável sem necessidade de sistemas convencionais de aquecimento ou arrefecimento. Conseguem-no através de um isolamento superior, ventilação controlada e outras características de conceção inteligentes, reduzindo assim os consumos associados às habitações.

Olhando para o futuro, o meu interesse pelas casas passivas vai para além do meio académico. Sou movido pela convicção de que estes edifícios têm o potencial de revolucionar a forma como vivemos e construímos. Ao seguir uma carreira em arquitetura, o meu objetivo é estar na vanguarda desta transformação, concebendo e defendendo casas passivas que sejam não só ambientalmente responsáveis, mas também economicamente viáveis para os proprietários. O conhecimento e a experiência adquiridos através da minha dissertação servirão como uma base sólida para o meu percurso profissional.

2. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Os objetivos podem ser divididos em objetivos gerais e objetivos específicos, respetivamente. De acordo com Fortin (2009), o objetivo é o fio orientador de toda a investigação, ou seja, é ele que apresenta a ideia central do trabalho a realizar.

Assim, para a presente investigação, o **objetivo geral** é caracterizar a aplicação do conceito de Passive Houses em Portugal, no âmbito da arquitetura sustentável.

Já os **objetivos específicos** relacionam-se com os resultados que se pretendem obter com uma pesquisa e um trabalho de investigação mais profundo e detalhado (Fortin, 2009). Assim, para o presente trabalho os objetivos estratégicos são os seguintes:

- i. Caracterizar a arquitetura sustentável no mundo e em Portugal;
- ii. Apresentar o conceito de Passive Houses;
- iii. Caracterizar as Passive Houses do ponto de vista arquitetónico.

3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em três capítulos principais, não contando com a introdução, nomeadamente o Capítulo II - "Enquadramento Teórico" que aborda a "Arquitetura Sustentável", explorando as suas origens, princípios, estratégias e exemplos internacionais e nacionais. Segue-se o estudo das "Casas Passivas", onde se aborda a sua origem e fundamentos, detalhando elementos como a envolvente do edifício, envidraçados, estanquidade ao ar, ventilação, ganhos solares, modelação energética e a situação em Portugal. O último ponto deste capítulo debruça-se depois sobre as "Casas Ativas".

O Capítulo III centra-se num estudo de caso específico de uma Casa Passiva. Este capítulo explora a metodologia de análise, o processo do conceito de Casa Passiva e a aplicação dos seus princípios no projeto estudado, detalhando aspetos como a otimização, a forma, a envolvente, o sombreamento, a ventilação, a estanquidade ao ar, os equipamentos e outras considerações relevantes.

Finalmente, no Capítulo IV - "Conclusões", são apresentadas as principais conclusões e recomendações para futuras investigações na área. Este percurso estruturado permite uma análise abrangente da arquitetura sustentável, focando especificamente o contexto das Casas Passivas, culminando em recomendações para futuros avanços na área.

CAPÍTULO II – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1. SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Um dos grandes desafios do século XII é tentar ultrapassar o antagonismo entre o desenvolvimento económico e a preservação do ambiente. Muitos são da opinião que estes dois caminhos nunca se cruzam, sendo duas forças completamente opostas. No entanto, existem aqueles que acreditam que esta dialética pode ser sustentada pelo chamado desenvolvimento sustentável, desde que verifique esforços de ambas as partes, nomeadamente entre os Estados, os agentes económicos, a ciência e organizações de preservação ambiental (Zangalli Jr, 2013).

Baker (2006) entende que as preocupações com a (in)sustentabilidade do planeta remontam aos séculos XVIII e XIX (Malthus e Jevons). Contudo, o pensamento dominante considerava o ambiente como fonte inesgotável de recursos. “As fontes destes recursos pareciam inesgotáveis e eles eram colocados na mão do Homem pela “Mãe-Natureza”, para que deles se aproveitassem, sem qualquer problema” (Carapeto, 1998, p. 69). A revolução industrial, o crescimento económico e populacional, assente na sobre-exploração de recursos naturais, em nome do progresso, desencadeiam graves danos ambientais e sociais.

Assim, ao longo do tempo, e de forma progressiva, as consciências despertam e emergem discursos que “reclamam” medidas de preservação e um modelo de desenvolvimento menos consumista e mais sustentável. Entende-se por sustentabilidade algo que permite o desenvolvimento das gerações presentes garantindo, ao mesmo tempo, as necessidades das gerações futuras. Assim, este conceito relaciona-se com o desenvolvimento económico e material permitindo o uso de recursos naturais que não agridam o ambiente de forma a garantir o desenvolvimento sustentável (Baker, 2006). Na tabela 1 é, então, possível observar a definição de sustentabilidade, tendo em conta fatores económicos, sociais e ambientais:

Tabela 1 - Fatores para a definição de sustentabilidade

Tipo de Fator	Definição de Sustentabilidade
Económicos	Deve centrar-se no capital humano, natural, humano e social. A utilização dos recursos não deve afetar os rendimentos futuros, ou seja, deve-se verificar equidade intergeracional relativamente aos recursos. A atividade económica deve considerar uma base ecológica.
Sociais	Deve abordar a perpetuidade dos valores sociais, identidade, relações e instituições. Objetivos comuns e coesão social. A saúde, educação, a alimentação, a água, a habitação dever ser sustentadas para cada individuo. Deve-se apoiar ativamente a manutenção e criação de competências, bem como as capacidades das futuras gerações.
Ambientais	O desenvolvimento social e económico deve ter bases ambientais sólidas. A gestão dos recursos naturais deve ter uma prioridade estratégica.

Fonte: Baker, 2006.

Para se proceder à contextualização histórica da sustentabilidade é necessário perspectivá-lo ao nível internacional e ao nível nacional, na medida em que a ideia que subjaz ao conceito de desenvolvimento sustentável é a constatação de que as dimensões económica, social e ambiental estão interligadas não só à escala local, mas também à escala nacional e internacional.

Então, no contexto internacional, é necessário referir que o conceito de desenvolvimento sustentável surge em 1972, com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Humano e a Pressão sobre o Ambiente. Desta conferência resultou a UNEP – *United Nations Environment Program*. Anos mais tarde, em 1987, o Relatório de Brundtland, redigido pela Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento, apela claramente ao desenvolvimento sustentável, “fundamentando-se numa análise comparativa entre a situação do mundo no começo e no final do século XX, declarando que no princípio do século XX o número de pessoas existentes e a tecnologia vigente não prejudicavam significativamente os sistemas de apoio à vida na Terra e que, ao fundar este mesmo século, a situação havia mudado radicalmente (Camargo, 2005). Em 1992, surge a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), também denominada de "Cimeira da Terra", com a finalidade conciliar o desenvolvimento socioeconómico com a conservação e proteção dos ecossistemas da Terra. Como resultado deste evento, surge a Agenda 21. No mesmo ano, é assinado o

Tratado de Maastricht, onde apresenta como um dos objetivos a promoção de um desenvolvimento sustentável em relação ao meio ambiente (artigo 2.º), abraçando uma política ambiental (artigo 3.º), identificando as necessidades de se protegerem os recursos naturais em consonância com as demais políticas comunitárias, realçando uma tomada de decisão mais próxima do cidadão.

Com a necessidade de limitar o desenvolvimento das cidades, de modo que os ecossistemas sobrevivam, em 1994, surge a Carta de Aalborg onde se destaca o início da Campanha das Cidades e Vilas Sustentáveis. Este documento elenca um conjunto de valores e estratégias para alcançar o desenvolvimento sustentável nas áreas urbanas, realçando a necessidade de organizar uma campanha que apoie e divulgue políticas de incentivo à sustentabilidade local. Além disso, o documento alerta as autoridades locais para que iniciem processos de Agenda 21 Local, reforçando a necessidade de se desenvolver planos de ação local. Em 1995, na *World Conference on Sustainable Tourism*, realizada em Lanzarote nas Ilhas Canárias, surge a Carta para o Turismo Sustentável, baseada na importância que o fenómeno turístico representa para o desenvolvimento a nível social, económico, político e ambiental de vários países. Dois anos mais tarde, realiza-se a II Cimeira da Terra, no Rio de Janeiro, onde o desenvolvimento volta a ser o tema de grande debate, sendo que os princípios declarados nesta conferência, bem como as recomendações para a Agenda 21 Local, vão ao encontro dos Direitos Humanos, da Declaração de Manila e ao Código de Ética do Turismo.

No novo milénio, no ano de 2000, destaca-se a III Conferência Pan-Europeia das Cidades e Vilas Sustentáveis, em 2002 a Convenção de Joanesburgo e em 2003 a Nova Carta de Atenas. Em 2004, realiza-se a Conferência "Inspirando o Futuro" (Aalborg 10+), onde são definidos e aprovados os "Compromisso de Aalborg", reforçando a Campanha da Rede de Cidades e Vilas Sustentáveis, apresentando 10 princípios de sustentabilidade: Governância; Gestão Local para a Sustentabilidade; Bens Comuns Naturais; Consumo Responsável e Opções de Estilo de Vida; Planeamento e Desenho Urbano; Melhor Mobilidade Menos Tráfego; Ação Local para a Saúde; Economia Local Dinâmica e Sustentável; Equidade e Justiça Social; Do Local para o Global. Por fim, falta ainda lembrar que, em 2007, foi redigida a Carta de Leipzig sobre as cidades europeias sustentáveis e em 2008, foi lançado o livro verde sobre a Coesão Territorial Europeia – Tirar Partido da Diversidade Territorial. Já mais recentemente o ano de 2015 ficou marcado pelo ano da definição da agenda 2030, uma agenda alargada e ambiciosa

publicada pela ONU, que aborda várias dimensões do desenvolvimento sustentável, nas suas vertentes sociais económicas e ambientais, promovendo a paz, a justiça e a instituições eficazes. Foram então indicados 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável, como sendo uma visão comum para toda a Humanidade e um contrato entre os líderes mundiais e os povos (ilustração 1):



Ilustração 1 -Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. (fonte: ONU, 2015).

No contexto nacional, verifica-se que as reflexões, documentos e estratégias definidos a nível internacional, contribuíram para a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável, constante na Resolução de Conselho de Ministros n.º 19/2007, de 20 de agosto. A estratégia nacional abrange o período 2005 a 2015 e apresenta um conjunto coordenado de políticas de intervenção que, com base na situação atual, com as suas fragilidades e potencialidades, permitam assegurar um crescimento económico célere e vigoroso, uma maior coesão social, e um elevado e crescente nível de proteção e valorização do ambiente (ENDS 2005-2015).

De forma que Portugal alcance as metas definidas, o ENDS elenca os seguintes objetivos: preparar Portugal para a sociedade do conhecimento; crescimento sustentado, competitividade e eficiência energética; melhor ambiente e valorização do património natural; mais equidade, igualdade de oportunidades e coesão social; melhor

conetividade e valorização equilibrada do território; papel ativo na construção europeia e cooperação internacional; administração pública mais eficiente e moderna.

Passa-se, agora, a apresentar o conceito de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável consiste num modelo de desenvolvimento com capacidade para responder às necessidades do presente sendo, por isso, um conceito sistémico que apresenta um modelo de desenvolvimento global integrando os aspetos referentes ao desenvolvimento ambiental. Por outras palavras, o desenvolvimento sustentável “satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Relatório Brundtland¹, 1987).

O conceito de desenvolvimento sustentável teve por base a ideia “de que o modelo de crescimento económico, até então adotado, gerou riqueza e fartura nunca antes vistas pelo Homem, mas às custas da miséria, da degradação ambiental e da poluição crescentes” (Haswani, 2008, p. 2). Daí que o Relatório de Brundtland, de 1987, tenha enfatizado os problemas ambientais do nosso planeta, ou seja, o aquecimento global e diminuição da camada de ozono, estando a Terra a sofrer mudanças a uma velocidade nunca vista, excedendo a capacidade do conhecimento científico e as nossas habilidades de avaliar e apresentar soluções para estes mesmos problemas.

Como é expresso no Relatório de Brundtland (1987), “há só uma terra, mas não só um mundo. Todos nós dependemos de uma biosfera para conservar nossas vidas. Mesmo assim, cada comunidade, cada país luta pela sobrevivência e pela prosperidade quase sem levar em consideração o impacto que causa sobre os demais”. Neste sentido, o desenvolvimento deve ter em consideração as preocupações e interesses de toda a população, de forma que o resultado do desenvolvimento possa ser compartilhado de forma coletiva (Machado et al., 2006).

O conceito em análise surge devido ao modelo de crescimento económico adotado, que provocou grandes desequilíbrios, procurando harmonizar e equilibrar o desenvolvimento económico com a preservação do meio ambiente e, ao mesmo tempo, o fim à pobreza. “Esta complexidade do processo de transformação do planeta, não somente

¹ Originalmente intitulado de “*Our Common Future*”, em português “*Nosso Futuro Comum*”.

continuamente ameaçado, mas também diretamente afetado pelos riscos socioambientais, é cada vez mais visível” (Cândido, 2010, p. 18).

No meio de uma crise ambiental e da preocupação com a sobrevivência humana, “o impacto ambiental deu início às grandes discussões sobre preservação ambiental, onde atingiu o seu pico na Conferência de Estocolmo, alertando para o facto de, a ação humana estar a causar séria degradação da natureza, criando severos riscos para o bem-estar e para a própria sobrevivência da sociedade” (Machado, et al. 2006, p. 124).

De acordo com Cândido (2010, p. 20), “a preocupação com o Desenvolvimento Sustentável, representa a possibilidade de garantir mudanças sociopolíticas que não comprometam os sistemas ecológicos e sociais que sustentam as comunidades”. Neste sentido, o Relatório de Brundtland (1987) elenca uma série de medidas a ser tomadas pelos países, com vista à promoção do desenvolvimento sustentável: limitação do crescimento populacional; garantia dos recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo; preservação da biodiversidade e dos ecossistemas; diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis; aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas; controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores; atendimento das necessidades básicas (saúde escola morada).

Segundo Serageldin (1995, p. 25), o desenvolvimento sustentável pode ser representado por um triângulo, em que nos vértices encontramos a dimensão social, a dimensão económica e a dimensão ambiental. A dimensão social refere-se à equidade, coesão social, participação e *empowerment*, por seu lado, a dimensão económica diz respeito ao crescimento sustentável, ao capital e à eficiência, já a dimensão ambiental, subordina-se à integridade ecossistémica, aos recursos naturais e à biodiversidade.

O desenvolvimento sustentável pode ser dividido em três componentes: a sustentabilidade sociopolítica, a sustentabilidade económica e a sustentabilidade ambiental, procurando um ponto de equilíbrio entre o crescimento económico, igualdade social e proteção ambiental.

Portanto, podemos dizer que o desenvolvimento sustentável procura melhorar as condições de vida do ser humano, preservando o meio envolvente a curto, médio e

longo prazo. Assim falamos de um desenvolvimento económico eficaz e um desenvolvimento social equitativo e ecologicamente sustentável.

Apesar dos esforços desenvolvidos no sentido da conceitualização de sustentabilidade, ainda hoje, não existe uma definição universal para este construto. No entanto a grande parte dos estudos sobre a temática da sustentabilidade concorda que esta é constituída por três dimensões interligadas: a dimensão económica, social e ambiental (Abdala et al., 2018).

A estas três dimensões dá-se o nome do Tripé da Sustentabilidade, conceito desenvolvido por John Elkington, em meados dos anos 1990 ao apresentar um novo quadro contabilístico para medir o desempenho das empresas empresariais. Este novo quadro, foi além das medidas tradicionais dos lucros ao incluir as dimensões sociais e ambientais. Ao concentrar-se, então, em resultados de investimento mais abrangentes, ou seja, no que respeita ao desempenho ao longo das dimensões interrelacionadas dos lucros, das pessoas e do planeta, este novo quadro contabilístico revelou-se uma importante ferramenta no que concerne ao apoio dos objetivos de sustentabilidade (Elkington, 2001).

Deste modo, as dimensões económicas, sociais e ambientais encontram-se diretamente relacionadas com o desenvolvimento sustentável. Por exemplo, relativamente à produção, a dimensão económica da sustentabilidade prevê que o papel das empresas na sociedade é ser economicamente viável. Em termos sociais, a empresa deve proporcionar as melhores condições de trabalho, tendo em conta as diferenças culturais, necessidades especiais e apelando à participação dos líderes comunitários em atividades socioculturais. Por fim, do ponto de vista ambiental, a organização deve trabalhar na procura da eficiência ecológica dos seus processos de produção, adotando uma produção mais limpa, desenvolvendo uma cultura ambiental organizacional e adotando uma atitude ambientalmente responsável (Dias, 2010).

2. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

No domínio da arquitetura, a noção de sustentabilidade está ligada aos princípios fundamentais da "resistência ecológica", que decorre do imperativo de enfrentar consequências ecológicas significativas. Estas consequências resultam das atividades do sector da construção, necessitando de uma gestão abrangente. Isto diz respeito tanto às ramificações ecológicas resultantes do domínio da construção como à utilização prudente dos recursos naturais no âmbito da promoção do progresso sustentável (Costa & Ravache, 2021).

A sustentabilidade na arquitetura, transcende o mero aspeto obrigatório dos empreendimentos arquitetónicos. Em vez disso, incorpora uma abordagem holística à conceção arquitetónica que dá prioridade à viabilidade ecológica (Remizov, 2016). Esta abordagem implica o aproveitamento meticuloso dos recursos naturais, minimizando a sua pegada ecológica, particularmente durante as fases de extração de materiais, fabrico, construção, ocupação e eventual desconstrução de estruturas (Donovan, 2020).

Deste ponto de vista, um quadro arquitetónico sustentável engloba uma série de considerações: utilização eficiente do espaço, integração harmoniosa com a paisagem circundante, aquisição judiciosa de recursos naturais, utilização otimizada desses recursos e gestão de todo o ciclo de vida dos edifícios. Isto engloba a intrincada rede de processos que abrangem a extração de materiais, a construção, a utilização e, por fim, o desmantelamento do edifício - uma fase normalmente designada por "ciclo de vida" da estrutura (Baweja, 2017).

Quando se pensa na sustentabilidade na arquitetura pode-se dar um exemplo bastante simples como é o caso de um pátio com água e laranjeiras, representa uma mistura intrigante de sensibilidade histórica e um anseio intemporal de simplicidade, entrelaçando os temas da adaptação ambiental histórica e o direito de viver sem sistemas mecânicos intrusivos, intensivos em energia e manutenção, como é o caso, por exemplo, dos ares condicionados. No livro "*The Once and Future World: Nature As It Was, As It Is, As It Could Be*" MacKinnon (2013) investiga as paisagens históricas e os ecossistemas que existiam antes da rápida industrialização do mundo. MacKinnon (2013) explora a forma como o mundo era antes de nos tornarmos dependentes de sistemas mecânicos para controlar os nossos ambientes. Este livro ilustra o forte contraste entre os nossos estilos de vida atuais, que consomem muita energia, e as práticas mais sustentáveis do passado.

O pátio com água e laranjeiras incorpora a noção de harmonia com a natureza, fazendo lembrar os pátios tradicionais mediterrânicos ou os jardins persas. Krasny & Tidball, (2015) discutem o valor dos espaços verdes na promoção da resiliência e sustentabilidade da comunidade. O pátio pode servir como um refúgio verde, destacando a ideia de criar ambientes sustentáveis que requerem uma intervenção mecânica mínima. Estes espaços proporcionam uma pausa da industrialização e da dependência de sistemas de energia intensiva que frequentemente dominam os ambientes urbanos modernos (Krasny & Tidball, 2015).

Para além disso a sustentabilidade pressupõe o direito a viver sem sistemas mecânicos intrusivos, intensivos em energia e manutenção. Jeremy Rifkin (2011) explora a necessidade de transição dos nossos atuais sistemas de energia intensiva para alternativas mais sustentáveis e eficientes, sublinhando o desejo de recuperar o controlo sobre os nossos ambientes e minimizar a nossa dependência de sistemas mecânicos que, muitas vezes, implicam custos significativos de energia e manutenção.

Neste sentido, e de acordo com a perspetiva de Gauzin-Müller (2002), a arquitetura sustentável incorpora a essência da promoção de uma forte interação entre as estruturas e o seu ambiente, a par de um compromisso pronunciado de reduzir o dispêndio de recursos através de enquadramentos administrativos astutos. Implica a incorporação estratégica de tecnologia de uma forma que se alinhe com a harmonia arquitetónica e a preservação do ecossistema, mantendo sempre em primeiro plano o objetivo intrínseco dos edifícios - servir as necessidades humanas. Consequentemente, a melhoria do conforto humano e da qualidade de vida assume um significado primordial no âmbito desta ética (Gauzin-Müller, 2002).

Ao longo dos anos a importância e estudo no âmbito da arquitetura sustentável tem aumentado sendo vários os autores que tem dado o seu contributo com definições e princípios para a promoção da mesma. Um deles é o arquiteto Brian Edwards (como Edwards, 2008) formulou o conceito de construções sustentáveis que engloba as seguintes características:

- Cultivar uma influência ambiental mínima às escalas local, regional e global.
- Dar prioridade à longevidade na conceção.
- Possibilitar a adaptabilidade para uso posterior.

- Otimizar a utilização de fontes de energia renováveis.
- Organizar a estrutura de forma a proteger-se naturalmente contra os elementos.
- Facilitar o controlo direto do utilizador sobre o consumo de energia.
- Adaptar-se às condições climáticas regionais.
- Salvaguardar o bem-estar dos ocupantes.
- Tirar partido das práticas de design vernacular.

O autor leva-nos ainda a reconhecer que, embora o conceito de arquitetura sustentável possa ser relativamente moderno, a aplicação dos seus princípios tem raízes ancestrais (Edwards, 2008). Antes dos debates formais sobre a arquitetura sustentável, as pessoas já tinham construído em congruência com o ambiente. Consequentemente, a recolha de conhecimentos a partir de práticas históricas torna-se fundamental para a concretização de um paradigma arquitetónico sustentável abrangente. Esta sequência de princípios sublinha que a eficácia da proposta inicial se torna atual quando informada pela erudição adquirida em sociedades anteriores (Edwards, 2008). Nesta narrativa, a arquitetura vernácula assume uma posição central, manifestando-se como uma pedra angular para a trajetória futura dos objectivos da arquitetura sustentável.

2.1. ORIGEM E EVOLUÇÃO

Durante o crepúsculo da década de 1980 e o alvorecer da década de 1990, o conceito de sustentabilidade começou a reverberar no âmbito da arquitetura e do urbanismo internacionais. Esta ressonância foi portadora de paradigmas transformadores, particularmente perceptíveis no meio europeu. Esta introdução temática ganhou ainda maior ímpeto, tendo a sua trajetória sido mais acentuada na sequência de extensas deliberações internacionais ao longo da década de 1970 (Silva & Ferreira, 2020). Estas discussões, frequentemente enraizadas em preocupações com o ambiente global, surgiram no contexto de uma situação energética mundial cada vez mais difícil. Este dilema, caracterizado por uma crise energética generalizada que transcendia as fronteiras geográficas, cruzava-se com as crescentes apreensões em torno das repercussões ecológicas ligadas ao consumo de fontes de energia de origem fóssil (Silva & Ferreira, 2020).

À medida que a década de 1970 se desenrolava, as atenções foram-se fixando cada vez mais nas reverberações de uma situação energética planetária, uma crise que não conhecia fronteiras. Além disso, as reverberações estendiam-se às consequências ecológicas colaterais desencadeadas pelo consumo incessante de energia de origem fóssil. Isto, em conjunto com prognósticos e conselhos de precaução relativos à trajetória crescente da expansão da população global, lançou as bases para um despertar crítico. Esse despertar foi nomeadamente suscitado pela expansão inexorável das cidades e pelo seu apetite proporcional por uma série de recursos(Shareef & Al-Alwan, 2021).

O palco ficou assim preparado para a integração da sustentabilidade no discurso da arquitetura e do planeamento urbano, impulsionado pela convergência destes fatores intrincados. Esta conjuntura marcou o início de uma era em que as noções de consideração ecológica, prudência energética e previsão de recursos alcançaram uma precedência sem precedentes, dando origem a uma nova onda de pensamento arquitetónico e urbano que reverbera até aos dias de hoje.

Quando se mergulha no domínio dos edifícios arquitetónicos, uma exploração dos antecedentes arquitetónicos que começam no rescaldo da Segunda Guerra Mundial revela perspectivas intrigantes (Silva & Ferreira, 2020). O período que se seguiu à Segunda Guerra Mundial testemunhou a propagação do que veio a ser conhecido como o Estilo Internacional. Este estilo, marcado pela sua presença generalizada, foi associado à convicção predominante de que os avanços na tecnologia dos sistemas de construção tinham o potencial de conferir um domínio absoluto sobre os parâmetros climáticos de qualquer estrutura (Iyengar, 2010).

Esta noção, embora promissora, precipitou um padrão caracterizado pelo aparecimento recorrente de estruturas revestidas a vidro, frequentemente designadas por "caixas de vidro". Embora estas estruturas fossem emblemáticas das práticas arquitetónicas contemporâneas, geraram inadvertidamente um desafio significativo (Iyengar, 2010). A proliferação incessante de tais projetos contribuiu inadvertidamente para a acentuação do consumo de energia, uma questão que lançaria uma longa sombra ao longo das décadas seguintes. As repercussões desta tendência de design repercutiram-se muito para além do seu início, permeando as paisagens urbanas em todo o mundo (Gauzin-Müller, 2002).

Assim, uma narrativa arquitetónica que começou com a aspiração à proeza do design e à mestria ambiental conduziu a uma trajetória de escalada energética não intencional. Estas consequências, em cascata através do tempo e do espaço, acabam por sublinhar a intrincada interação entre os paradigmas arquitetónicos, a dinâmica energética e o tecido urbano global (Baweja, 2017).

Ao longo da história, o discurso em torno da arquitetura sustentável surgiu inicialmente no domínio dos empreendimentos de arquitetura urbana. Atualmente, numa tela urbana, as deliberações abrangem um conjunto multifacetado de questões que moldam coletivamente o tecido urbano (Bennetts et al., 2003). Estas discussões atravessam um vasto espectro, abrangendo os meandros das configurações morfológicas compactas, a densidade de habitantes, o estabelecimento de sistemas de transportes públicos eficientes, iniciativas eficazes de gestão e reciclagem de resíduos, gestão de energia, gestão de recursos hídricos e a promoção da diversidade socioeconómica, cultural e ambiental (Bennetts et al., 2003).

São vários os exemplos mundiais paradigmáticos de edifícios construídos baseados nos princípios da arquitetura sustentável. Um dos mais conhecidos é o edifício *The Edge*, localizado em Amesterdão, nos Países Baixos. Este é frequentemente considerado um dos edifícios mais ecológicos e inteligentes do mundo. Possui painéis solares, iluminação LED energeticamente eficiente, recolha de águas pluviais e um sofisticado sistema de controlo climático. É um exemplo de como a tecnologia e o design sustentável podem criar um espaço de trabalho altamente eficiente e amigo do ambiente (ilustração 2).



Ilustração 2 - Aspeto exterior e interior do edifício The Edge. (Fonte: <https://edge.tech/developments/the-edge>).

Outro importante exemplo de arquitetura sustentável é Masdar City, localizado em Abu Dhabi nos Emirados Árabes Unidos. Muitas vezes chamada de "Cidade do Futuro", Masdar City é um desenvolvimento urbano planeado que se concentra na sustentabilidade e nas energias renováveis. Incorpora um design passivo, uma utilização extensiva de energia solar e uma disposição sem carros e amiga dos peões. O seu objetivo é ser uma cidade neutra em termos de carbono e um modelo de vida urbana sustentável (ilustração 3):



Ilustração 3 - Pormenor de uma rua de Masdar City. (fonte: UAE News 24/7).

Nos EUA, mais precisamente na cidade de Seattle fica o Bullitt Center. Este edifício comercial em Seattle é frequentemente referido como "o edifício comercial mais ecológico do mundo". Inclui recolha de águas pluviais, casas de banho de compostagem e uma série de painéis fotovoltaicos. O Bullitt Center demonstra a viabilidade da criação de espaços comerciais sustentáveis e sem consumo de energia (ilustração 4).



Ilustração 4 - Bullitt Center, Seattle, EUA (Fonte: Bullitt Center.org)

Por último dá-se o exemplo da Casa do Quociente Bio-Inteligente (BIQ), Hamburgo, Alemanha. Esta casa apresenta uma fachada inovadora feita de painéis preenchidos com microalgas que geram biocombustível. Representa uma abordagem pioneira à utilização de organismos vivos na arquitetura para gerar energia e melhorar a sustentabilidade dos edifícios (ilustração 5).



Ilustração 5 - Casa do Quociente Bio-Inteligente (BIQ) (Fonte: <https://www.reddit.com/>)

Estes exemplos representam uma gama de abordagens à arquitetura sustentável em diferentes regiões do mundo, quer em contextos urbanos quer não urbanos. Demonstram a viabilidade de criar edifícios e comunidades que sejam não só responsáveis do ponto de vista ambiental, mas também funcionais, bonitos e confortáveis. A arquitetura sustentável continua a evoluir e a estabelecer novos padrões para um futuro mais verde e mais sustentável.

Ao ampliar o papel intrínseco dos edifícios como componentes integrais da conceção urbana e agentes da sustentabilidade urbana, o debate é nomeadamente orientado para pontos focais específicos. Estes englobam principalmente a seleção estratégica de localizações e o desenvolvimento de redes de infraestruturas robustas (Owen & Dovey, 2008). Além disso, o discurso aprofunda o imperativo de melhorar a qualidade ambiental nos espaços internos, ao mesmo tempo que analisa o efeito de cascata na envolvente imediata. Isto implica um esforço concertado para otimizar a utilização de recursos, abrangendo domínios como a água, a energia e os materiais. Além disso, os edifícios têm o potencial de exercer uma profunda influência na dinâmica socioeconómica que caracteriza um determinado local (Silva & Ferreira, 2020).

2.2. PRINCÍPIOS E ESTRATÉGIAS

Ao longo da recente história do conceito de arquitetura sustentável, vários princípios têm vindo a ser desenvolvidos, sendo que vai apresentar os mais relevantes.

Já em 2006, no Brasil, Joana Gonçalves e Denise Duarte (Gonçalves, et al., 2006) formularam os princípios fundamentais que sustentam o conceito de arquitetura sustentável. A sua perspetiva enfatizou a integração de empreendimentos arquitetónicos com o quadro urbano mais amplo, destacando considerações-chave que merecem atenção. Estas considerações incluem a preservação e a recuperação de espaços naturais através dos benefícios decorrentes da compactação urbana. Além disso, sublinharam a importância da proximidade, da diversidade e da fusão de várias funções nos espaços urbanos para promover a utilização comum das áreas públicas.

Além disso, o seu quadro defendia uma maior eficiência energética, com uma correspondente redução da poluição, alcançável através de um sistema de transportes otimizado. Defenderam a criação de microclimas urbanos conducentes a uma maior utilização dos espaços públicos e à melhoria do desempenho ambiental dos edifícios. O imperativo de projetos arquitetónicos ambientalmente conscientes também encontrou destaque no seu discurso. O seu ponto de vista englobava uma perspetiva holística sobre a utilização de recursos, defendendo um consumo consciente e enfatizando a reutilização e a reciclagem para reduzir o impacto ambiental adverso da produção de resíduos (Gonçalves, et al., 2006).

No ano de 2009, Marian Keller e Bill Bruker articularam a noção de que a base da sustentabilidade na arquitetura pode ser destilada num quarteto conciso de princípios fundamentais. A sua perspetiva postulava que o enfoque deveria estender-se a: abordar eficazmente os meandros dos resíduos resultantes das catividades de demolição e construção, bem como os resíduos gerados pelos ocupantes; a utilização judiciosa dos recursos; a conceção meticulosa para promover uma eficiência energética ótima nos sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação e energia. Este espírito de conceção foi sublinhado pelo reconhecimento de que a redução das emissões é um desafio que está a transformar-se numa obrigação social e num imperativo político indispensável (Keller & Bruker, 2009).

Simultaneamente, a sua estrutura enfatizou a criação de um ambiente interior que nutre o bem-estar, encapsulando uma visão holística que se estende para além da estrutura

física para abranger a saúde e o conforto dos ocupantes. Ao entrelaçar estes princípios fundamentais, Keller e Burker (2009) delinearam um roteiro para a integração da sustentabilidade na prática arquitetónica, anunciando um paradigma que ressoa com as necessidades em evolução tanto do ambiente construído como da comunidade humana em geral.

Em 2010, o Garrido (2014) e um grupo adicional de onze arquitetos foram convidados para articular um compêndio de princípios orientadores para sustentar a evolução da arquitetura sustentável. Esta iniciativa culminou no contexto da exposição mundial dedicada à arquitetura sustentável, organizada pela Fundação Canal. Os princípios propostos foram os seguintes:

- Maximizar a eficiência dos recursos naturais e artificiais.
- Minimizar o consumo de energia.
- Defender a integração de fontes de energia renováveis.
- Reduzir a produção de resíduos e as emissões.
- Melhorar o bem-estar e a qualidade de vida dos ocupantes do espaço construído.
- Reduzir as despesas a longo prazo associadas à manutenção e conservação do edifício.

Este esforço coletivo cristalizou-se num roteiro abrangente que significa não só um compromisso com a consciência ecológica, mas também uma dedicação ao avanço da habitabilidade, viabilidade económica e gestão ambiental dos empreendimentos arquitetónicos. Ao defenderem estes princípios, os arquitetos não só abordaram as preocupações imediatas do ambiente construído, como também prepararam o caminho para um futuro ecologicamente sustentável e próspero (Garrido, 2014).

Em 2005, o Dubai propôs-se criar uma sociedade que fosse um modelo de consciência ambiental - uma sociedade que encarnasse um ethos verde, que procurasse a neutralidade carbónica e que tivesse como objetivo o desperdício zero. No entanto, a procura ativa de estratégias que consubstanciem estes ideais tornou-se perceptível no panorama português por volta de 2010. Esta mudança coincidiu com o Instituto da

Habituação e da Reabilitação Urbana (IHRU) a tomar as rédeas, impulsionando as práticas arquitetónicas sustentáveis através do seu Guia Prático da Habitação (Juma e Manso, 2010). No capítulo dedicado à "Construção Sustentável", o guia delinea uma série de medidas que os arquitetos portugueses são encorajados a incorporar nos projetos sustentáveis. Estas medidas incluem:

1. Adoção de metodologias de construção que utilizem materiais leves e recicláveis.
2. Utilização de materiais de origem local e ambientalmente corretos.
3. Integração de técnicas de aproveitamento da energia solar.
4. Adoção de sistemas de ventilação natural.
5. Gestão prudente dos recursos energéticos para aquecimento, ventilação e iluminação.
6. Incorporação de estratégias de recolha de águas pluviais e de consumo consciente de água.
7. Tratamento dos equipamentos e acessórios exteriores.
8. Implementação de isolamento exterior das estruturas adjacentes.
9. Colocação cuidadosa das janelas para otimizar a iluminação natural.
10. Integração de sistemas de sombreamento para controlo térmico.

São, portanto, várias as estratégias arquitetónicas sustentáveis à disposição que permitem a minimização do impacto ambiental dos edifícios, à redução do consumo de recursos e à melhoria da qualidade de vida global dos habitantes, as quais passamos a apresentar.

Os telhados e paredes verdes são características proeminentes da arquitetura sustentável. Os telhados verdes envolvem a cobertura do telhado com vegetação, enquanto as paredes verdes incorporam plantações verticais no exterior dos edifícios. Estas estratégias contribuem significativamente para a sustentabilidade, atenuando o efeito de ilha de calor urbana, melhorando o isolamento térmico e gerindo eficazmente o escoamento das águas pluviais (Getter & Rowe, 2006). Um exemplo disso é o Bosco

Verticale em Milão, Itália, concebido pelo arquiteto Stefano Boeri. Este complexo residencial inovador apresenta duas torres de edifícios adornadas com milhares de árvores e plantas. A floresta vertical não só é uma maravilha arquitetónica icónica, como também funciona como um oásis urbano, melhorando a qualidade do ar e proporcionando um micro-habitat para a vida selvagem local (Flannery & Smith, 2015) (ilustração 6).

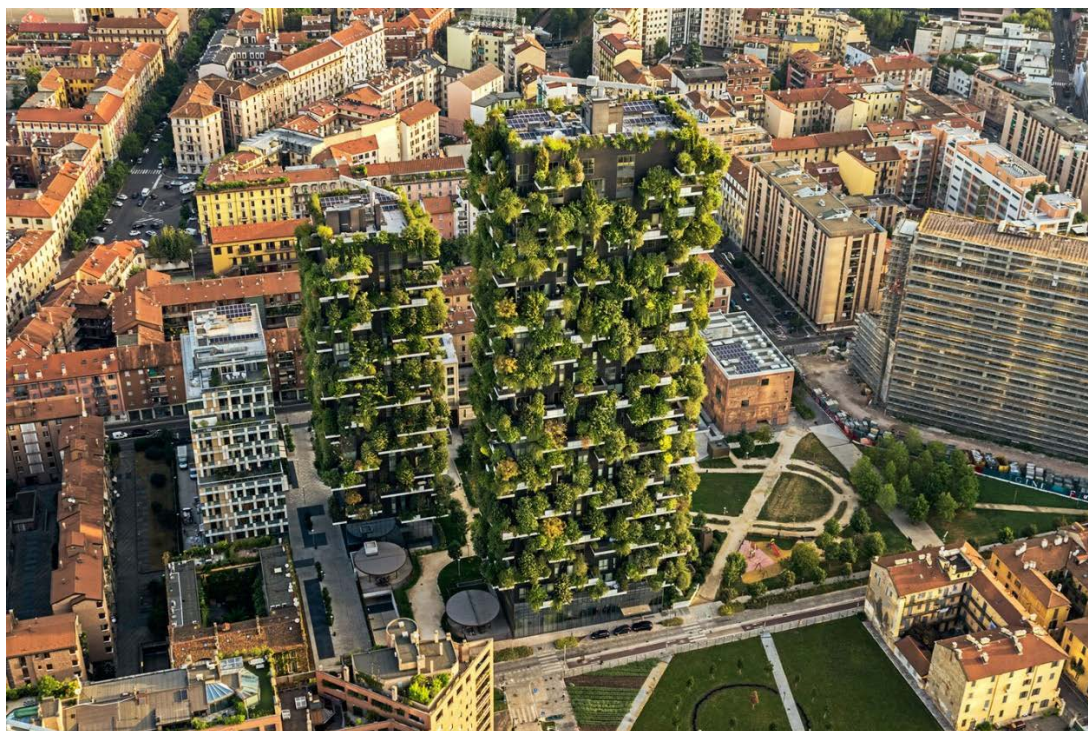


Ilustração 6 - Bosco Verticale (Fonte: Stylepark).

Quando se trata de lidar com insetos em edifícios que têm vegetação, como telhados e paredes verdes, é essencial encontrar um equilíbrio. Algumas pessoas adoram a ideia de ter vegetação à volta, mas podem sentir-se desconfortáveis quando aparecem insetos, como lagartixas e aranhas. Em primeiro lugar, a escolha das plantas é crucial, sendo que as plantas autóctones tendem a ser uma boa escolha, uma vez que, frequentemente, albergam menos insetos. A manutenção regular também é vital. Manter a vegetação bem podada e sem detritos pode torná-la menos atraente para os insetos (Maclvor & Ksiazek, 2015). A instalação de telas ou barreiras de malha em portas e janelas pode impedir a entrada de insetos. No entanto é importante educar os ocupantes dos prédios sustentáveis que alguns insetos, como por exemplo, as aranhas e as osgas são predadores naturais dos insetos. Assim, e como referem Maclvor et al. (2018)

)em vez de tentar eliminá-las, é necessário educar as pessoas sobre o seu papel no controlo das pragas.

A conceção solar passiva é outra característica da arquitetura sustentável, enfatizando a utilização de elementos naturais para aquecer e arrefecer os edifícios (Wei, 2018). Esta abordagem incorpora a orientação do edifício, os materiais e a colocação de janelas para maximizar a luz solar e reduzir a dependência de sistemas mecânicos de aquecimento e arrefecimento. A integração dos princípios de conceção solar passiva contribui significativamente para a eficiência energética e para a redução da pegada de carbono (Wei, 2018). Um exemplo notável é o BedZED (Beddington Zero Energy Development) (ilustração 7) em Londres, concebido pelo arquiteto Bill Dunster. Esta ecovila pioneira incorpora um design solar passivo através da sua orientação a sul e janelas com vidros triplos, que otimizam a luz natural e minimizam o consumo de energia (Chance, 2009).



Ilustração 7 - BedZED, Londres, Reino Unido (Fonte: www.bioregional.com).

A arquitetura sustentável dá ênfase à utilização de materiais amigos do ambiente. Esta estratégia implica a seleção de materiais com baixo impacto ambiental, como os reciclados, recuperados ou rapidamente renováveis. A implementação de tais materiais reduz a pegada de carbono e minimiza o esgotamento dos recursos naturais (Hossain, 2019).

A eficiência energética é um elemento central da arquitetura sustentável, centrando-se na redução do consumo de energia e na integração de fontes de energia renováveis. Os arquitetos recorrem frequentemente a técnicas inovadoras, como o isolamento de alto desempenho, a iluminação LED e os painéis solares, para tornar os edifícios mais eficientes do ponto de vista energético (Kubba, 2017).

A arquitetura sustentável enfatiza a gestão eficiente da água e as estratégias de conservação, incluindo a recolha de águas pluviais, a reciclagem de águas cinzentas e os equipamentos de baixo fluxo. Estas práticas não só reduzem o consumo de água, como também aliviam a pressão sobre as reservas municipais de água (Apollonio et al., 2019).

Dado que Portugal dispõe de uma grande quantidade de fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, o cerne da construção sustentável no país depende da promoção e utilização concertada destas formas de energia. Este facto sublinha um alinhamento estratégico com os recursos energéticos abundantes e amigos do ambiente do país, reforçando ainda mais o compromisso com uma arquitetura sustentável. É neste sentido que surge a importância do ambiente local e natural de cada região, sendo que construir uma casa sustentável em Portugal é diferente de construir uma casa sustentável na Finlândia.

É portanto crucial considerar os fatores ambientais, históricos, arquitetónicos e urbanos no planeamento e construção de edifícios. No contexto do desenvolvimento urbano, sublinha a importância da otimização da luz solar e da adaptação às utilizações previstas dos edifícios novos ou reabilitados. Esta otimização é essencial para atingir os objetivos de desempenho das estruturas ambientalmente responsáveis e assegurar a sua adaptação às condições locais e às exigências do mercado (Fernandes & Santos, 2022).

De acordo com os referidos autores é importante integrar as características ambientais locais na conceção arquitetónica, tendo em conta fatores como o paisagismo, o urbanismo, a arborização e a qualidade do ar, destacando-se a antecipação de vários aspetos ambientais associados ao comportamento dos futuros utilizadores de um edifício, incluindo o ruído, as piscinas, o acesso de veículos e a gestão de resíduos (Fernandes & Santos, 2022). Em suma um edifício sustentável não deve tornar-se um prejuízo ambiental para o local onde se encontra

2.3. PRINCIPAIS EXEMPLOS INTERNACIONAIS

A arquitetura sustentável tem atraído a atenção global devido aos seus paradigmas inovadores na conceção e construção arquitetónicas. Neste contexto, uma série de exemplos internacionais servem como manifestações deste movimento progressivo, mostrando como a sustentabilidade pode ser perfeitamente integrada em diversos contextos arquitetónicos.

Um caso ilustrativo reside na cidade de Copenhaga, na Dinamarca, onde a central de valorização energética de resíduos CopenHill é um testemunho das aplicações multifacetadas da sustentabilidade (ilustração 8).



Ilustração 8 - CopenHill, Copenhaga – Dinamarca. (fonte BCC News).

Funcionando simultaneamente como uma instalação industrial para a gestão de resíduos e como um espaço recreativo, a conceção arquitetónica de CopenHill é marcada por uma linha de telhado ondulante que faz lembrar uma montanha coberta de neve. Esta forma distinta é adornada por uma vegetação verdejante, transformando assim um edifício utilitário num santuário urbano (Hulgaard & Inger, 2018). O cerne da sua virtude ecológica reside na sua capacidade de converter os resíduos em energia limpa, ao mesmo tempo que proporciona pistas de esqui e trilhos para caminhadas ao público (Arndt & Nordestgaard, 2020). O CopenHill comprova a premissa de que a funcionalidade e a beleza não são intrinsecamente díspares, mas podem ser

aproveitadas de forma sinérgica para produzir inovação arquitetónica em consonância com a gestão ambiental.

Passando para o domínio asiático, o icónico projeto Gardens by the Bay de Singapura sublinha o compromisso inabalável da cidade-estado para com a arquitetura sustentável no meio da densidade urbana (ilustração 9).



Ilustração 9 - As “superárvores” do Garden by the Bay, Singapura. (fonte: Civitatis).

Caracterizado pelas suas imponentes “superárvores” - jardins verticais que combinam a recolha de energia solar com a funcionalidade de exaustão do ar - o projeto combina elementos naturais com avanços tecnológicos (Er & Gee, 2012). Estas estruturas imponentes contribuem não só para a estética do horizonte urbano, mas também funcionam como entidades ecológicas (Er & Gee, 2012). O Gardens by the Bay apresenta uma narrativa convincente em que a inovação arquitetónica é utilizada para cultivar uma relação harmoniosa entre o ambiente construído e o mundo natural, criando assim um exemplo de planeamento urbano centrado no ambiente.

Entre estas imponentes superárvores encontram-se fascinantes esculturas de animais. Estas esculturas incluem uma coleção de criaturas extravagantes, algumas das quais são inspiradas em animais míticos e folclóricos de diferentes culturas. A presença destas esculturas de animais contribui para o tema dos jardins como um paraíso

edénico. Acrescentam uma sensação de encantamento e de maravilha, tal como os animais que poderiam ter viajado através do mítico Jardim do Éden. Estas esculturas dão um toque de capricho e fazem do jardim não só um local de beleza natural, mas também um local de significado artístico e cultura (Zappi & Ong, 2013). Para além disso, as esculturas servem para recordar a importância da coexistência com a natureza. No mito do Éden, os animais e os seres humanos viviam em harmonia. As esculturas de animais nos Jardins da Baía simbolizam esta coexistência, recordando aos visitantes a necessidade de respeitar e preservar o mundo natural (Zappi & Ong, 2013).

A Austrália oferece, também, a sua própria articulação de arquitetura sustentável através do desenvolvimento da Federation Square em Melbourne. Reconhecido pela sua adoção da reutilização adaptativa, este projeto reutiliza antigas instalações industriais num espaço público contemporâneo caracterizado pela abstração geométrica (Daly, 2021) (ilustração 10).

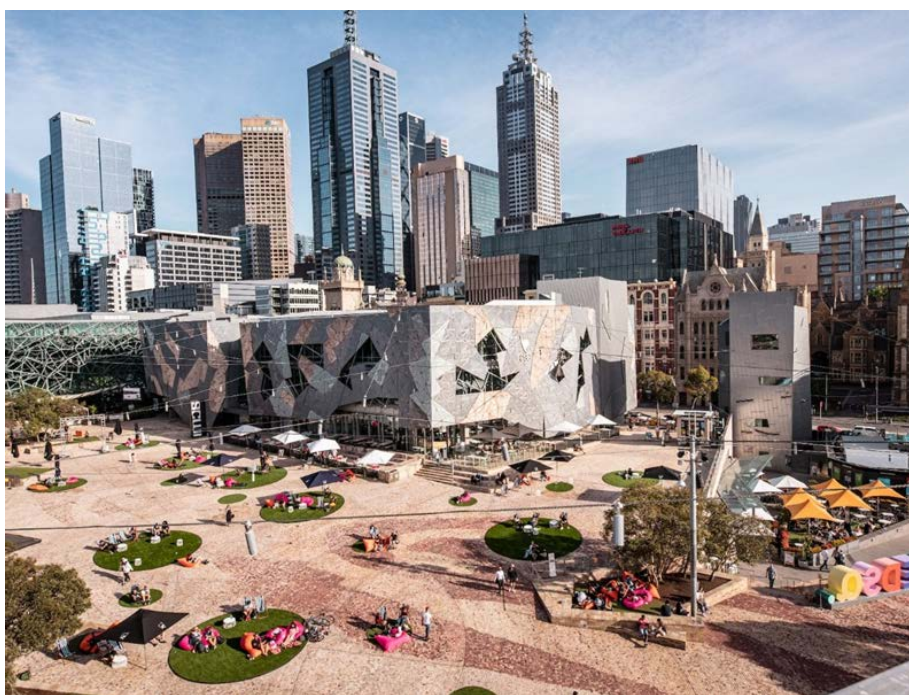


Ilustração 10 - Federation Square em Melbourne, Austrália. (fonte: Visit Melbourne).

Esta transformação adaptativa retém vestígios do passado, ao mesmo tempo que acomoda as necessidades atuais. A Federation Square ilustra que os princípios da arquitetura sustentável vão além das dimensões puramente ecológicas, abrangendo aspetos históricos e culturais, demonstrando que a preservação e a renovação podem coexistir harmoniosamente na conceção e na prática da arquitetura (Daly, 2021).

Em suma, os exemplos internacionais de arquitetura sustentável aqui apresentados sublinham coletivamente as suas dimensões diversas e dinâmicas. Através de um engenhoso reaproveitamento de locais industriais, da transmutação de resíduos em energia, da integração vertical de espaços verdes em meios urbanos e da coexistência harmoniosa com ecossistemas primordiais, estas maravilhas arquitetónicas anunciam uma visão partilhada da fusão do habitat humano com imperativos ecológicos.

2.4. PRINCIPAIS EXEMPLOS NACIONAIS

Inaugurado em 2020, o edifício de escritórios da Sonae Campus, situado na Maia, representa um marco notável na paisagem da arquitetura sustentável em Portugal. Este espaço exemplar recebeu a cobiçada certificação LEED, alcançando o nível mais elevado que até hoje foi conferido a um edifício no país. Tal conquista atesta o compromisso da Sonae com a inovação e a responsabilidade ambiental no setor da construção (ilustração 11):



Ilustração 11 - Sonae Tch Hub, Maia, Portugal. (fonte: SONAE).

Denominado Sonae Tech Hub, este edifício não somente responde às exigências funcionais de um ambiente de trabalho moderno, mas também abraça princípios ecológicos intrínsecos. A obtenção da certificação LEED, que abrange categorias como eficiência energética, uso sustentável da água e escolha de materiais eco amigáveis, testifica o grau de excelência alcançado no que tange à conceção e execução do projeto (Sonae, 2020).

Ao ser reconhecido como um dos 100 edifícios mais sustentáveis do mundo, o Sonae Tech Hub posiciona-se numa esfera global de destaque. Este reconhecimento não apenas reafirma a notoriedade da Sonae no cenário internacional, mas também projeta Portugal como um terreno fértil para a inovação arquitetónica orientada para a sustentabilidade (Sonae, 2020).

3. PASSIVE HOUSES - ORIGEM E FUNDAMENTOS

A origem das passive houses remonta ao final do século XX, quando uma confluência de crises energéticas, consciência ambiental e inovação arquitetónica levou a um repensar fundamental das práticas de conceção e construção de edifícios. O conceito de passive houses surgiu como resposta às crescentes necessidades energéticas dos edifícios tradicionais e à necessidade de atenuar os seus impactos ambientais negativos (Feist & Dorer, 1997).

As primeiras sementes do projeto passive houses foram lançadas na Alemanha no final dos anos 80, sendo o Dr. Wolfgang Feist e Bo Adamson notáveis pioneiros neste movimento. A investigação do Dr. Feist no Institut für Wohnen und Umwelt (Instituto para a Habitação e o Ambiente) em Darmstadt, Alemanha, lançou as bases para o desenvolvimento dos princípios das passive houses (Jochem, 2009). O objetivo inicial era reduzir drasticamente o consumo de energia para aquecimento e arrefecimento, que eram responsáveis por uma parte significativa do consumo total de energia nos edifícios (Iurchenko et al., 2014).

O próprio termo "passive house" reflete o princípio fundamental destes edifícios: criar estruturas que se baseiam principalmente em medidas passivas, como o isolamento ideal, a estanquidade ao ar, janelas de alto desempenho e ventilação controlada, para obter um ambiente interior confortável, minimizando o consumo de energia (Mihai et al., 2017). A filosofia subjacente gira em torno da utilização da envolvente natural do edifício e das fontes de calor internas, como os ocupantes e os eletrodomésticos, para manter uma temperatura constante sem a necessidade de sistemas de aquecimento ou arrefecimento convencionais (Müller & Berker, 2013).

O primeiro protótipo de passive house, conhecido como a Passive House de Kranichstein, foi construído em Darmstadt, Alemanha, em 1991. Este projeto-piloto demonstrou a viabilidade do conceito de casa passiva ao conseguir poupanças de energia notáveis, mantendo um ambiente interior confortável. O sucesso da passive

houses de Kranichstein abriu caminho a mais investigação, desenvolvimento e implementação dos princípios de conceção de casas passivas em várias partes da Europa e não só (ilustração 12 e ilustração 13).



Ilustração 12 - *Passive House* de Kranichstein, Darmstadt, Alemanha. (fonte: Green Building Advisor).

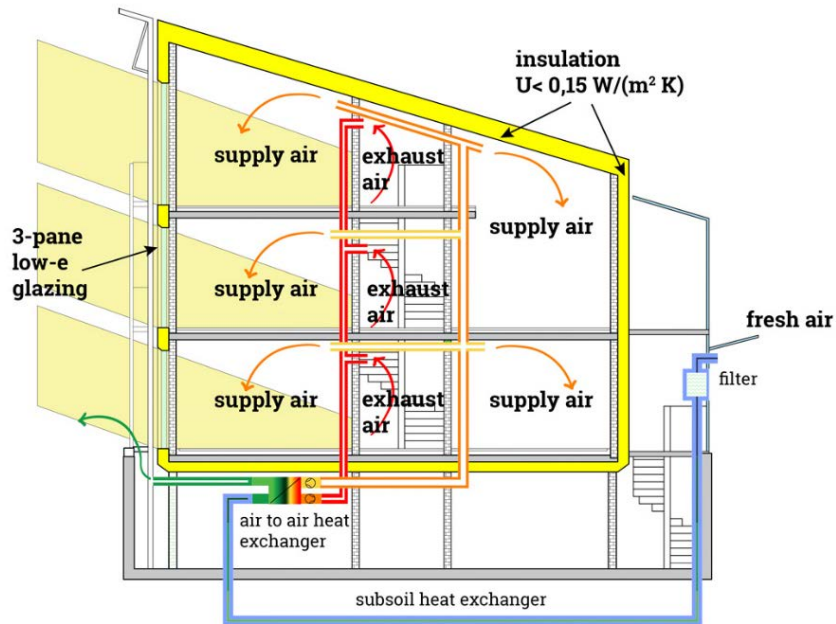


Ilustração 13 - Características da *Passive House* de Kranichstein. (fonte: EcoHabitat).

Ao longo dos anos, o conceito de *passive houses* evoluiu, incorporando avanços nos materiais de construção, técnicas de construção e tecnologias de energia renovável. O movimento ganhou reconhecimento internacional e tem sido apoiado por organizações como o Passivhaus Institut (PHI), fundado pelo Dr. Wolfgang Feist, que estabeleceu normas de certificação e directrizes para a construção de *passive houses* (Feist & Dorer, 1997).

Um atributo distintivo das *passive houses* é a sua adaptabilidade inerente a diversos contextos climáticos, sublinhando assim a aplicabilidade universal dos seus princípios (Schnieders et al., 2015). Quer seja nos ambientes temperados da Europa ou nas paisagens áridas das regiões desérticas, as casas passivas demonstram a sua eficácia na redução do consumo de energia e na mitigação das emissões de gases com efeito de estufa. Esta adaptabilidade sublinha o seu potencial contributo para a melhoria do impacto ambiental do ambiente construído (Schnieders et al., 2015).

As estratégias para obter uma Casa Passiva, tal como delineadas por Gauna (2011), englobam os seguintes elementos-chave:

- Conceção minuciosa da envolvente opaca do edifício, envolvendo um isolamento substancial e a eliminação de pontes térmicas.
- Especificação de janelas e portas de alta eficiência para garantir o máximo isolamento.
- Assegurar a estanquidade do edifício para gerir eficazmente as infiltrações.
- Instalação de um sistema de ventilação equipado com recuperação de calor.
- Otimização dos ganhos de calor, tanto solares como internos.
- Aplicação de técnicas de modelação energética para quantificar e analisar os ganhos e perdas de energia, recorrendo a software especializado para o efeito.

Estas medidas contribuem coletivamente para a realização de um padrão de Casa Passiva, preservando a integridade da envolvente térmica do edifício e a eficiência energética. Passa-se, então, a apresenta-as individualmente de seguida.

3.1. ENVOLVENTE OPACA DO EDIFÍCIO

Para garantir uma eficiência energética óptima, é crucial manter um isolamento de alta qualidade, independentemente do tipo de construção. Os coeficientes de transmissão térmica recomendados para componentes de paredes exteriores, telhados e lajes na Europa Central situam-se normalmente no intervalo de 0,10 a 0,15 W/(m²K), conforme indicado pela Passipedia (2012). Estes valores, derivados de análises de custo-benefício, traduzem-se aproximadamente em espessuras de isolamento de 20 a 30 cm, podendo exceder 40 cm em condições extremas.

O objetivo principal é praticamente eliminar as perdas de calor durante a estação de aquecimento, aproximando as temperaturas das superfícies interiores das temperaturas do ar ambiente, que devem ser mantidas a um mínimo de 20°C. Esta abordagem não só aumenta o conforto, como também evita eficazmente os problemas relacionados com a condensação. Em climas mais quentes ou durante a estação de aquecimento, um isolamento adequado serve para proteger os ocupantes do calor excessivo, em conjunto com um sombreamento eficaz das aberturas envidraçadas e práticas de ventilação adequadas, tal como recomendado pela Passipedia (2012).

Além disso, para além dos níveis de isolamento, a continuidade perfeita do isolamento térmico ao longo de todos os elementos estruturais (paredes, coberturas, lajes e fundações) desempenha um papel fundamental na minimização das pontes térmicas. O objetivo final é tornar as pontes térmicas praticamente inconsequentes (International Passive House Association - IPHA, 2012).

Para avaliar a conformidade com este princípio, pode utilizar um método simples, seguindo visualmente o percurso ininterrupto do isolamento térmico numa secção do edifício. Esta abordagem identifica eficazmente os pontos fracos que requerem mitigação ou retificação, tais como as junções entre os componentes da envolvente opaca e as aberturas envidraçadas, como exemplificado pela Passipedia (2012). Na ilustração 14 é possível observar um esquema exemplificador de um isolamento contínuo do edifício:

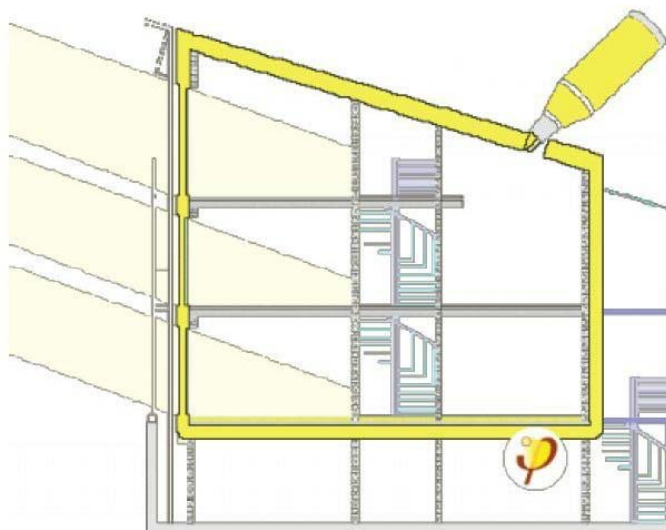


Ilustração 14 - Isolamento contínuo na envolvente do edifício. (Fonte: Passivhaus Institut, 2012).

3.2. VÃOS ENVIDRAÇADOS

As janelas, devido à sua resistência térmica relativamente baixa, representam um aspeto crítico da envolvente do edifício, desempenhando um papel fundamental para garantir o conforto interior. A sua importância estende-se ao seu papel na equação energética global do edifício, nomeadamente através do aproveitamento do calor solar durante a estação de aquecimento.

Em climas mais frios, particularmente durante a estação de aquecimento, a incorporação de janelas de qualidade inferior resulta em superfícies interiores frias, necessitando de energia adicional para compensar a perda de calor e resolver problemas de condensação indesejados. Por outro lado, optar por janelas de alta qualidade aumenta o conforto e estabelece um equilíbrio positivo entre os ganhos de calor do vidro e as perdas de calor do vidro e dos caixilhos, tal como salientado na Passipedia (2012).

Nas regiões da Europa Central, é essencial manter um coeficiente de transmissão térmica inferior a $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para um isolamento eficaz. Para atingir este valor de referência, é necessário utilizar vidros triplos com baixa emissividade e um fator solar notavelmente elevado (tipicamente cerca de 0,5, o que aumenta os ganhos de calor solar), juntamente com caixilhos isolantes (por exemplo, madeira, PVC com isolamento interno ou alumínio com isolamento interno), perfis intercalares com baixa condutividade

térmica e uma instalação precisa das janelas no interior da envolvente térmica, idealmente em alinhamento com a camada de isolamento (Passipedia, 2012).

Vale a pena notar que o limite de $0,80\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ é determinado considerando uma temperatura exterior mínima de -10°C nos cálculos. Esta combinação de fatores garante que a temperatura do vidro interior excede consistentemente os 17°C , minimizando a diferença de temperatura em relação à temperatura do ar interior, que deve ser de pelo menos 20°C . O Passivhaus Institut estabeleceu uma diferença máxima de temperatura de 3°C entre a superfície interior de qualquer elemento de janela e o ambiente interior. Este critério, associado aos dados climáticos locais, serve de base para a definição dos componentes das aberturas envidraçadas (Passipedia, 2012).

3.3. ESTANQUIDADE

Numa estrutura Passive House, a manutenção de uma envolvente exterior estanque é um requisito fundamental, impedindo a infiltração descontrolada de ar. Esta diretriz também se aplica às construções tradicionais, dissipando o equívoco comum de que as aberturas e fendas existentes num edifício são suficientes para uma ventilação adequada e para a qualidade do ar interior (IBO, 2009).

A quantidade de ar que se infiltra através destas aberturas depende da pressão do vento exterior e do diferencial de temperatura entre o interior e o exterior. Consequentemente, há cenários em que a taxa de ventilação natural pode ser insuficiente devido à baixa intensidade do vento ou, pelo contrário, resultar em perdas térmicas substanciais quando as temperaturas exteriores contrastam significativamente com o ambiente interior (Berger, 2011).

A manutenção de uma construção estanque oferece vários benefícios, como indicado pelo IBO em 2009:

- Prevenir problemas relacionados com a condensação: Assegurar uma vedação hermética inibe o aparecimento de problemas de condensação. Quando o ar interior aquecido, contendo humidade, escapa através de fendas e fissuras existentes, tende a arrefecer. No inverno, isto pode resultar na formação de condensação no interior do elemento de construção, causando potencialmente problemas estruturais.

- Minimizar as correntes de ar e as perdas de calor: A estanquidade ao ar elimina as correntes de ar e reduz as perdas de calor devidas à infiltração de ar. Durante a estação de aquecimento, as correntes de ar provenientes das juntas entre os elementos do edifício, impulsionadas pelo vento, podem provocar perdas substanciais de calor. Numa Casa Passiva, a capacidade de compensar estas perdas seria limitada.
- Melhorar a eficiência do sistema de ventilação: As fugas de ar excessivas podem impedir a recuperação de calor, mesmo quando existe um sistema de ventilação. Conseguir um aquecimento eficaz do espaço através da ventilação, com caudais reduzidos para aumentar a eficiência do sistema e diminuir o consumo, torna-se problemático quando existem numerosas fugas de ar.
- Contribuir para um isolamento térmico eficaz: A passagem de ar através do sistema de isolamento térmico resulta em perda de calor através da ventilação, diminuindo assim a eficiência do isolamento. Este efeito é particularmente crítico numa Casa Passiva com os seus elevados níveis de isolamento.
- Melhorar o isolamento acústico: Mesmo as pequenas juntas podem transmitir som, pelo que estabelecer uma construção hermética é crucial para conseguir um isolamento acústico eficaz.
- Melhoria da qualidade do ar interior (QAI): Uma elevada estanquidade ao ar, associada a uma ventilação controlada, influencia significativamente a QAI. A estanquidade ao ar revela-se especialmente valiosa em situações em que o ar transporta um elevado nível de contaminantes, como garagens e caves, evitando a contaminação dos espaços habitacionais. Também melhora o funcionamento do sistema de ventilação típico da Casa Passiva, que extrai o ar fresco das áreas habitáveis e extrai o ar potencialmente contaminado de espaços específicos.

3.4. VENTILAÇÃO

Como já foi referido, um dos principais objectivos da construção de uma Casa Passiva é garantir o conforto do utilizador, englobando a temperatura, a qualidade do ar interior e considerações sobre a humidade relativa e os níveis de CO₂. O Passivhaus Institut sublinha que a qualidade do ar interior deve ter precedência sobre a conservação de

energia, dando ênfase à saúde e ao bem-estar dos ocupantes e não apenas ao seu conforto (Passipedia, 2012).

A concentração de CO₂ numa sala é influenciada por vários fatores, incluindo o número de ocupantes, a duração da ocupação, a taxa de troca de ar, as dimensões da sala, potenciais fontes de contaminação e os níveis de CO₂ no exterior, que podem variar tipicamente entre 350 e 400 ppm. De acordo com a legislação portuguesa, a concentração máxima recomendada de CO₂ é de cerca de 1000 ppm. A diminuição da qualidade do ar interior pode ter efeitos adversos no bem-estar geral das pessoas, afetando a sua saúde, conforto e produtividade.

Um estudo realizado pelo Passivhaus Institut revelou que, sem ventilação controlada, os níveis de CO₂ no ar interior ultrapassam rapidamente os limites recomendados. Numa sala de 35m³ com dois ocupantes, a concentração de CO₂ excede 0,7% do volume total da sala após 8 horas, mesmo quando as janelas são mantidas fechadas e o edifício cumpre as normas da Passive House em termos de estanquidade ao ar. Quando o objetivo é manter a qualidade do ar interior com um limite de 0,1% para a concentração de CO₂ no volume da divisão, este limite é ultrapassado em apenas 1 hora (Passipedia, 2012).

A ventilação assume um papel fulcral, com impacto na qualidade do ar interior e no controlo da temperatura. A incorporação de um sistema de ventilação equipado com recuperador de calor, tal como defendido por Gauna (2011), é um princípio fundamental da metodologia Passive House, garantindo a manutenção de condições interiores ideais.

Contrariamente à ideia errónea de que as aberturas esporádicas de janelas são suficientes, o Passivhaus Institut afirma que confiar apenas na ventilação natural através de breves aberturas de janelas, duas vezes por dia, não é suficiente para garantir uma troca de ar adequada. Esta abordagem resulta numa taxa de renovação inferior a 0,1 renovações por hora, o que é considerado insuficiente para manter o bem-estar e o conforto dos ocupantes (Passipedia, 2012).

As casas passivas não podem compensar as perdas de calor devidas à ventilação natural, nomeadamente em caso de mau tempo. Embora seja aceitável abrir as janelas durante a estação de aquecimento, é prudente evitar períodos prolongados que possam agravar a perda de calor. Por isso, as janelas equipadas com sistemas de abertura, que

permitem uma ventilação controlada mesmo em condições climatéricas desfavoráveis, devem ser preferidas às janelas fixas que limitam as opções de ventilação (Passipedia, 2012).

3.5. GANHOS SOLARES E GANHOS INTERNOS

Como ilustrado anteriormente, uma Casa Passiva apresenta necessidades mínimas de aquecimento, mesmo nos climas mais extremos. Esta eficiência é conseguida através de uma conceção meticulosa da envolvente, da inclusão de um sistema de ventilação com recuperação de calor e de medidas rigorosas de estanquicidade do ar no edifício (Gauna, 2011). Para ter em conta os ganhos internos, é essencial considerar a energia fornecida pelos ocupantes, aparelhos domésticos e iluminação.

Outro fator crucial na equação energética envolve o aproveitamento do calor solar através das janelas. Para que as janelas funcionem como coletores solares eficazes, é vital garantir a qualidade dos componentes das janelas. Isto implica encontrar o equilíbrio correto entre a capacidade de isolamento da janela e a sua capacidade de ganho solar. Além disso, a orientação correta das aberturas das janelas e o sombreamento eficaz são considerações fundamentais para evitar o sobreaquecimento durante as estações mais quentes.

3.6. MODELAÇÃO ENERGÉTICA – CÁLCULO BALANÇO ENERGÉTICO

O balanço energético do edifício é avaliado através da utilização do software de folha de cálculo Passive House Planning Package (PHPP). O PHPP funciona como uma ferramenta de conceção e avaliação, determinando se uma estrutura cumpre os critérios para a certificação Passive House (Clua, 2011). É versátil e pode ser utilizado para qualquer edifício e em qualquer fase de desenvolvimento. No entanto, para facilitar a execução bem sucedida de um projeto Passive House, é aconselhável implementar o PHPP o mais cedo possível, permitindo a identificação e retificação de potenciais erros e problemas.

Para obter informações sobre o desempenho energético de um edifício, incluindo as suas necessidades de aquecimento e arrefecimento, as cargas máximas de aquecimento e arrefecimento e as necessidades de energia primária, é necessário introduzir uma série de dados relativos à estrutura específica. O processo e a sequência de introdução de dados, tal como descritos por Theumer (2012), são os seguintes:

- Introdução de dados gerais sobre o edifício e dados climáticos locais.
- Especificação das soluções de construção dos elementos da envolvente e dos valores correspondentes do coeficiente de transmissão térmica.
- Inclusão de informações relacionadas com as janelas: tipos de janelas, dimensões de todas as janelas e pormenores sobre o sombreamento.
- Incorporação de dados de ventilação para calcular as taxas de ventilação estimadas.
- Avaliação das necessidades de aquecimento e da carga térmica.
- Exame das condições do sistema de arrefecimento e do sombreamento.
- Compilação de uma lista de equipamentos e aparelhos utilizados, juntamente com as suas especificações.
- Cálculo das necessidades de energia primária.

3.7. IMPORTÂNCIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O conceito de habitação passiva incorpora uma abordagem abrangente à conceção arquitetónica consciente do consumo de energia, envolvendo um curso de ação deliberado e metódico. Trata-se de um esforço autónomo que visa alcançar uma redução notável da pegada ecológica do edifício e uma influência ambiental mais ampla (Vinay, 2017). Uma casa passiva significa uma estrutura caracterizada pela sua modesta procura de energia, com ênfase na manutenção de uma qualidade superior do ar interior, bem-estar térmico e uma pegada de carbono mínima. Esta abordagem centra-se na redução do consumo de energia, dando simultaneamente prioridade a um conforto interior ótimo (Danielski et al., 2013).

Os parâmetros dos critérios da casa passiva foram alargados a vários domínios, abrangendo fatores climáticos localizados, disposição espacial, enquadramento estrutural, componentes de fundação, modalidades de isolamento e atenuação de pontes térmicas, entre outros. Além disso, a noção holística aspira a otimizar os sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação. Consequentemente, ao explorar os atributos da radiação térmica, torna-se fundamental adquirir especificidades de

design que promovam uma redução na utilização de materiais de construção e minimizem as instâncias de pontes térmicas, particularmente as associadas a materiais de baixa condutividade térmica. Entre o espectro de potenciais soluções, as estruturas com estrutura de madeira emergem como particularmente promissoras, uma vez que incorporam um labirinto de células interligadas que contrariam eficazmente a transferência de calor, alinhando-se assim com o ethos da casa passiva de conservação ótima de energia (Jurovics et al., 2005).

A metodologia da Casa Passiva envolve o cálculo do consumo de energia (medido em kWh/SF/ano), englobando a utilização de energia de fontes distintas como sistemas de aquecimento, arrefecimento e ventilação de espaços, em conjunto com o aquecimento de água, iluminação e aparelhos elétricos. Neste quadro, o limite máximo estipulado para as despesas de energia nos domínios do aquecimento e da refrigeração é fixado em 1,4 kWh/SF/ano. A eficácia da aplicação desta norma é sublinhada pela redução perceptível do consumo global de energia em todo o espectro de edifícios considerados (Brandon, 2014).

Um atributo intrínseco da norma da casa passiva é a sua capacidade de gerar um clima interior confortável durante os meses de inverno e de verão, evitando a necessidade de sistemas convencionais de aquecimento de espaços e de mecanismos de arrefecimento ativo. Quando justaposto com residências típicas recém-construídas, independentemente de considerações geográficas, incluindo climas temperados, frios, quentes e quentes, o projeto da casa passiva apresenta potenciais poupanças de energia que variam entre 75% e uns notáveis 90% no que diz respeito às despesas de aquecimento e arrefecimento (Vinay, 2017).

De acordo com as directrizes estabelecidas pelo Passive House Institute, uma estrutura deve cumprir requisitos específicos para obter a classificação de casa passiva (Passivehouse, 2022). Estes requisitos englobam os seguintes aspetos:

1. A necessidade de energia para aquecimento deve ser inferior a 15 kWh/m² por ano em termos de área útil ou não ultrapassar 10 W/m² no pico da necessidade de energia.
2. No que diz respeito à categoria Passive House Classic, a energia agregada utilizada para todos os fins residenciais - desde o aquecimento e a água quente até à eletricidade doméstica - não deve exceder 60 kWh/m² por ano.

3. Um critério rigoroso para a estanquidade ao ar exige a verificação de um máximo de 0,6 mudanças de ar por hora a uma pressão de 50 Pascal (ACH50) através de um teste de pressão no local efetuado em condições pressurizadas e despressurizadas.
4. O conforto térmico de todos os espaços habitados deve estar em conformidade com a seguinte norma: durante o inverno e o verão, as temperaturas não devem ultrapassar os 25 °C em mais de 10% das horas anuais.

No fundo, a conformidade de um edifício com estes pré-requisitos específicos definidos pelo Passive House Institute serve de referência para a obtenção da distinção de casa passiva (Passivehouse, 2022). Os conceitos fundamentais encapsulados no ethos da habitação passiva são transmitidos através de estratégias de design acessíveis, conforme articulado pelo International Passive House Institute - IPHI (2015). Estas estratégias englobam:

- Melhorar o influxo solar passivo através da incorporação de vidros de janelas de baixa emissividade, complementados por caixilharias com isolamento adequado. A orientação estratégica destas janelas para o lado sul permite a infusão regulada de radiação solar, cuidadosamente equilibrada com mecanismos de sombreamento.
- Integrar componentes bem isolados na estrutura do edifício para impedir a ocorrência de pontes térmicas e estabelecer uma barreira impermeável contra as fugas de ar através da envolvente do edifício.
- Adoção de sistemas de recuperação de calor em conjunto com o aquecimento suplementar do ar de abastecimento no sistema de ventilação, promovendo uma recuperação eficiente da energia térmica.
- Optar por aparelhos extremamente eficientes do ponto de vista energético, em conformidade com o objetivo global de conservação da energia.
- Satisfazer as necessidades energéticas residuais do edifício através da obtenção de energia a partir de fontes renováveis.

3.8. A SITUAÇÃO EM PORTUGAL

As casas passivas em Portugal têm ganho cada vez mais destaque no domínio da arquitetura e construção sustentáveis. Esta trajetória reflete uma tendência global para práticas de conceção ambientalmente conscientes e soluções de construção energeticamente eficientes. Nos últimos anos, Portugal tem assistido a um interesse crescente nos princípios de conceção de casas passivas, impulsionado por uma combinação de incentivos regulamentares, preocupações ambientais e um desejo de reduzir o consumo de energia.

No ano de 2012, a conclusão inaugural do primeiro par de estruturas residenciais Passive House em Portugal constituiu um marco digno de nota. Estas habitações, que englobam duas residências unifamiliares distintas, situam-se em Ílhavo e foram concebidas sob a direção arquitetónica da equipa Homegrid (Homegrid, 2021). Com uma área de piso tratada combinada de 223,7 metros quadrados, estas estruturas apresentam uma necessidade de aquecimento de 7 kWh/(m²-ano) e uma necessidade de energia primária não renovável de 67 kWh/(m²-ano) (ilustração 15) (Passive House Database, 2021).



Ilustração 15 - As primeiras Passive Houses certificadas em Portugal (Fonte: Homegrid)

Passada uma década, Portugal conta atualmente com uma rede próspera dedicada aos princípios da Passive House. Este panorama dinâmico é composto por um leque de empresas, nacionais e internacionais, que operam no nosso mercado, oferecendo produtos e soluções adaptados ao enquadramento da Passive House - muitas das quais obtiveram a cobiçada certificação Passive House. Concomitantemente, a nação testemunhou o cultivo de um quadro superior a 500 profissionais competentes, diligentemente formados em cursos autorizados da Passive House. Esta capacidade acumulada significa uma capacidade resoluta para instituir os princípios da Passive House em diversos terrenos geográficos em todo o país.

Simultaneamente, surge um compromisso institucional que se materializa no estabelecimento de protocolos e alianças com conceituadas universidades, institutos de investigação, associações e entidades municipais. Este percurso, como se de uma progressão natural se tratasse, tem navegado por entre variações de ritmo, com momentos marcados tanto por passos medidos como por saltos de aceleração. As parcerias forjaram-se e desgastaram-se no seio de redes e grupos de colaboração, cuja dinâmica divergiu ocasionalmente das perspetivas partilhadas. Os diálogos com uma multiplicidade de intervenientes governamentais em vários momentos produziram uma variedade de resultados, um reflexo da paisagem em constante evolução da dinâmica política. No entanto, a trajetória percorrida até agora é fortificada por uma autonomia inabalável, livre de influências políticas ou administrativas. Esta independência inabalável salvaguarda a capacidade de ação da Associação Passivhaus Portugal, sem restrições externas.

Para caracterizar a situação nacional é, também, importante, falar na ADENE – Agência para a Energia. A ADENE, uma entidade de utilidade pública regida pelo Decreto-Lei n.º 223/2000, tem como principal objetivo promover atividades de interesse público relacionadas à energia, eficiência energética, e uso eficiente da água. Suas atribuições incluem colaborar com a Administração Pública, promover projetos de eficiência energética, divulgar novas tecnologias energéticas, facilitar a transferência de tecnologias, sensibilizar o público sobre questões energéticas e ambientais, e muito mais. Além disso, a ADENE atua como entidade gestora de sistemas importantes, como o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios e o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia. Também desempenha um papel essencial no Programa de Eficiência de Recursos na Administração Pública (ECO.AP) e gere a Academia ADENE, que oferece formação especializada em diversas áreas relacionadas

à energia e eficiência. Em 2019, a ADENE foi reclassificada como uma Entidade Pública do regime geral nas contas nacionais, sujeita ao regime geral aplicável a partir de janeiro de 2020, como notificado pela Direção-Geral do Orçamento (ADENE, 2020).

A ADENE, entre muitas áreas, desenvolve trabalhos nos âmbitos dos edifícios. A marca "Certificar é Valorizar" representa a Certificação Energética dos Edifícios, gerenciada pela ADENE, que avalia o desempenho energético de edifícios de acordo com políticas energéticas europeias e nacionais. Esta certificação, estabelecida em 2007 em conformidade com a Diretiva Europeia de Desempenho Energético dos Edifícios, classifica imóveis em oito categorias, de A+ (altamente eficiente) a F (pouco eficiente). Além de informar os proprietários sobre o impacto na eficiência energética, também fornece recomendações personalizadas para melhorar o consumo energético e o conforto do edifício. Isso é feito por meio de um Certificado Energético emitido por profissionais qualificados, conhecidos como "Peritos Qualificados."

A ADENE lançou, também a marca "CLASSE+" para etiquetagem energética voluntária de produtos visando promover a eficiência energética nos edifícios. Substituindo a marca anterior "SEEP," esta nova marca classifica o desempenho energético de produtos influentes no consumo de energia em edifícios, como janelas, em uma escala de F (menos eficiente) a A+ (mais eficiente), semelhante à etiqueta de eficiência energética de eletrodomésticos. Isso permite aos consumidores estabelecer requisitos mínimos de eficiência energética ao comparar diferentes produtos. A ADENE também está preparando a classificação de elevadores, películas para janelas e soluções de isolamento térmico ETICS, com a colaboração das associações do setor.

Mais recentemente, a ADENE lançou o Portal casA+, uma iniciativa voltada para proprietários e arrendatários de imóveis, oferecendo a capacidade de registrar e melhorar as características de suas habitações. Ele fornece informações sobre eficiência energética, permitindo economizar na conta de energia e melhorar o conforto e a saúde. Além disso, o portal centraliza informações relevantes sobre a habitação, incluindo acesso a profissionais e empresas que oferecem soluções de eficiência energética e energia renovável, bem como informações sobre incentivos e opções de financiamento para tornar a casa mais eficiente e confortável. Tendo em conta os processos de classificação da ADENE, o projeto que irá ser desenvolvido terá boa classificação energético, indo também de encontro aos fundamentos das *passive houses*.

4. AS *ACTIVE HOUSES*

De particular interesse para os cientistas sociais são as *Active House*, que representam uma inovação potencialmente transformadora ao alterarem a forma como a energia é produzida, distribuída e consumida, para além da forma como as casas são concebidas, construídas e depois habitadas. Espera-se que estas casas beneficiem os residentes, representando: casas do futuro, oferecendo autossuficiência, melhor qualidade de vida e um retorno económico tangível.

As *Active House* são um novo conceito de sustentabilidade, baseado na ideia de edifícios que criam vidas mais saudáveis e confortáveis para os seus ocupantes, sem impacto negativo no clima. O que torna isso possível é o acoplamento de um revestimento inovador, visto como uma membrana mutável (devido às condições externas), com um sistema de automação de gestão.

Antes da ocupação, as *Active Houses* são concebidas tendo em conta as expectativas específicas dos residentes. A investigação existente salientou que essas expectativas desempenham um papel fundamental nas visões dos especialistas sobre a habitação de baixo carbono e serão cruciais para moldar o futuro da habitação (Cherry et al., 2017).

No entanto, os residentes nem sempre vivem nas casas da forma prevista pelos promotores, o que tem implicações na forma como as casas funcionam e são vividas. Por conseguinte, é importante ter em conta tanto as expectativas dos especialistas em relação aos residentes - em particular, a forma como estas se relacionam com as decisões de conceção que podem subseqüentemente ter impacto na vida quotidiana dos residentes - como as experiências dos próprios residentes das *Active Houses*, a fim de informar o desenvolvimento e a implementação bem-sucedidos das *Active Houses*.

A energia e a construção constituem uma combinação muito reconhecida hoje em dia: o problema energético ligado ao sector da construção é, há anos, objeto de investigação. O principal propósito é encontrar novas formas de conceção e refleti-las em leis e regulamentos que possam conduzir a uma vida sustentável. Reduzir o desperdício de energia é o objetivo mais importante de qualquer nova visão e, de facto, nos últimos anos temos sido testemunhas da inovação do sector da construção, que está a tentar melhorar o comportamento dos edifícios para poupar energia e otimizar a utilização de fontes renováveis.

A *Active House* é uma visão de edifícios que criam vidas mais saudáveis e confortáveis para os seus ocupantes, sem impacto negativo no clima. O mundo está a enfrentar vários desafios ambientais: os recursos tradicionais são escassos e o aquecimento global preocupa cada vez mais o nosso futuro. Entretanto, existe uma forte necessidade de satisfazer as necessidades humanas essenciais de um clima interior saudável e confortável. A *Active House Alliance* está a tentar responder a estes fatores: representa a próxima geração de edifícios sustentáveis que têm em conta a energia e o conforto (Active House Specification, 2011).

A *Active House Alliance* é uma organização sem fins lucrativos apoiada por um grupo de parceiros com a mesma ambição: criar uma visão independente e internacional dos edifícios, capaz de mudar o design e o próprio conceito de arquitetura, e definir objetivos a longo prazo para o futuro parque imobiliário. O principal propósito é difundir uma nova abordagem equilibrada e holística ao sector da construção, pois uma *Active House* não é apenas residencial, mas qualquer tipo de construção: nova construção ou renovação, casas ou escritórios. Trata-se de um quadro de referência para a conceção de edifícios que possam contribuir positivamente para o ambiente, assegurando o conforto interior e a sustentabilidade.

Embora os exemplos reais de *Active Houses* sejam atualmente limitados, embora estejam a aumentar, a investigação existente tem considerado as experiências dos habitantes das casas inteligentes. As casas inteligentes incorporam aparelhos com acesso à Internet, facilitando o controlo remoto, a monitorização e a automatização, mas não têm necessariamente a capacidade de produzir e armazenar energia ou de responder a sinais da rede elétrica, como fazem as casas ativas. É perceptível uma dinâmica de género no interesse e na adoção de tecnologias de casas inteligentes, indicando que estas parecem ser menos apelativas para as mulheres (Strengers et al., 2019; Furszyfer Del Rio et al., 2021).

Uma explicação sugerida é que os projetistas de casas inteligentes, na sua maioria homens, negligenciaram ou subestimaram as responsabilidades domésticas que muitas vezes recaem sobre as mulheres (Strengers et al., 2020). No entanto, tem-se argumentado que a trivialização do papel das tarefas domésticas é problemática, uma vez que a gestão doméstica implica decisões que têm impacto nas infraestruturas energéticas nacionais (Johnson, 2020).

Esta incapacidade de ter em conta a natureza de género das práticas domésticas quotidianas pode significar que os residentes não se envolvem com as tecnologias das casas inteligentes da forma que os projetistas previram, afetando o seu desempenho (Larsen et al., 2020).

Embora as casas inteligentes possam diferir das *Active Houses* em certos aspetos, no contexto mais vasto da aceleração do interesse dos agregados familiares no armazenamento de baterias, na partilha e no comércio de eletricidade e nas oportunidades de resposta à procura para melhor utilizar a eletricidade que geram, estes desenvolvimentos habitacionais inovadores podem alinhar-se ainda mais no futuro (Strengers et al., 2021).

A investigação efetuada sobre as visões do sector da energia identificou várias afirmações sobre a forma como se espera que as pessoas se relacionem com a tecnologia e as futuras mudanças tecnológicas (Dahlgren et al., 2020). Uma delas é a ideia de que as oportunidades para os consumidores acederem e participarem no mercado da energia através da utilização de novas tecnologias energéticas darão origem ao consumidor empenhado e ao utilizador profissional. Isto é relevante para as *Active Houses*, que têm o potencial de alterar as relações dos residentes com a energia através da inclusão de tecnologias de geração de energia, como a energia solar fotovoltaica (PV), que podem exigir uma administração ativa (Hansen et al., 2017).

A pesquisa existente sobre habitações de baixo carbono destacou potenciais tensões entre as expectativas dos especialistas em relação aos residentes e as experiências dos próprios residentes (Zhao et al., 2020; Cherry et al., 2017). No entanto, a investigação anterior sobre agregados familiares favoráveis ao consumo de energia centrou-se, em grande medida, naqueles que optaram por instalar poucas tecnologias ou tecnologias individuais, refletindo uma amostra que está empenhada e com uma mentalidade energética (Stikvoort et al., 2020).

Por conseguinte, há margem para investigação que considere uma maior variedade de perspetivas e experiências de vida em empreendimentos residenciais inovadores, a fim de ir além destas visões binárias dos residentes. Estas perspetivas dos estudos existentes levantam questões interessantes para o presente trabalho original sobre *Active House* e se os promotores ou os próprios residentes irão prever residentes potencialmente mais ativos, e quais as implicações que isto tem para a vida quotidiana nas habitações. A forma como os futuros residentes de *Active House* são imaginados

pode estar relacionada com o carácter de género do desenvolvimento tecnológico (Wajcman, 2004).

A norma da *Active House* baseia-se em três aspetos importantes: energia, ambiente e clima interior. Cada um deles é importante para atingir o objetivo, mas o aspeto principal é a integração entre eles. Centrando-nos nestes princípios, é fácil compreender o que se espera de uma *Active House*. O objetivo "energia" sublinha a importância da eficiência do edifício: o balanço energético deve ser positivo e todas as necessidades devem ser supridas por fontes renováveis integradas na arquitetura.

O NZEB é um edifício com um desempenho muito elevado e uma quantidade muito baixa de energia necessária, que deve ser coberta por energia proveniente de fontes renováveis produzidas no local ou nas proximidades. Esta definição é bastante clara: não se trata de edifícios sem qualquer procura de energia, mas de edifícios inteligentes capazes de satisfazer as suas necessidades a partir de fontes renováveis de baixo custo e disponíveis localmente (Pless et al., 2010).

Tal como na norma NZEB, o ponto-chave mais relativo é a produção no local: é importante que toda a energia provenha da pegada do edifício ou, pelo menos, do sistema coletivo próximo. A atenção sobre o clima interior é conduzida por dois aspetos principais diferentes: o conforto e a sensação de bem-estar. O edifício assegura uma boa qualidade do ar interior, um clima térmico adequado e uma salubridade visual e acústica apropriada para os ocupantes. Ao mesmo tempo, a facilidade de controlo e o sistema automatizado devem incentivar um comportamento ambiental responsável, alterando o modo de vida e a consciência da sustentabilidade (Martiskainen et al., 2018).

O terceiro ponto é o ambiente: o objetivo do processo de conceção é minimizar o impacto do edifício. É possível alcançar este resultado através de uma relação otimizada com o contexto local: os materiais devem ter um elevado conteúdo reciclável e permitir a sua própria reciclagem ou reutilização. Cada um destes rótulos principais é depois quantificado através de um conjunto de valores tangíveis relacionados com a área, claros de calcular e específicos do edifício. Os valores são explicados em pormenor na *Active House Specification (AHS)* (2011).

O procedimento de cálculo é fácil e claro: existe uma descrição completa do desempenho a considerar e do nível alcançado com um resultado específico. Desta forma, não é possível interpretar mal a classe em que, para um determinado parâmetro,

o edifício é colocado. O radar da *Active House* é uma ferramenta simples, utilizada para explicar os parâmetros considerados para avaliar uma casa ativa e como estes interagem.

No final, graças a esta ferramenta, é possível visualizar o desempenho geral da *Active House* e a relação entre os parâmetros. Permite também efetuar um estudo preliminar sobre o edifício e o contexto, a fim de compreender qual o parâmetro que deve ser mais valorizado para obter a melhor eficiência do próprio edifício. Conclui-se que os três rótulos-chave (energia, clima interior e ambiente) são realmente simples e bastante óbvios na definição das visões, mas a inovação da casa ativa está na forma como são caracterizados e interagem (Brambilla et al., 2013).

O valor do processo de conceção é representado pela integração de cada um deles nos outros, de modo a promover a qualidade em termos de arquitetura, conforto e eficiência. Uma vez que a visão da *Active House* já está definida numa primeira instância, é possível compreender as vantagens e as desvantagens que o caderno de encargos apresenta. Nesta análise, é útil fazer referência às características do NZEB e à *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD).

A comparação entre estes dois conceitos diferentes de edifícios é muito importante porque a *Active House Specification* é ainda um trabalho em curso e deve basear-se nos resultados da investigação sobre os NZEBs.

Em primeiro lugar, é clara a diferença mais importante: a EPBD, de facto, não dá uma definição incontornável de edifícios de energia zero, mas dá a visão do ponto de chegada sem forçar o projeto a um resultado específico. Por outro lado, a AHS tem uma base empírica: nasceu da união entre a visão e as características dos casos evidenciados. Embora a norma da *Active House* se destine a ser única e comum em todas as regiões da Europa, dando conselhos e fixando níveis de desempenho, existe um dualismo no método de cálculo dos parâmetros (Brambilla et al., 2013).

A AHS fornece apenas o desempenho final para cada um deles, remetendo para as leis e regulamentos nacionais para o cálculo específico dos valores. Este esquema não tem em consideração a motivação diferente com base nos métodos nacionais: permite todos os cálculos sem ter em conta as diferentes peculiaridades e as razões destas diferenças. A EPBD deixa, pelo contrário, a cada país a liberdade de interpretar a norma tendo em conta as questões, características e problemas nacionais (Strengers et al., 2019).

Desta forma, é possível personalizar a definição e as conotações de acordo com a política específica, o clima, a tradição e, em geral, tudo o que possa ter influência no processo de conceção. Embora esta pareça ser uma fraqueza da AHS, existe uma espécie de dualismo. A lista de controlo rigorosa da AHS não permite alterar a classe de cada indicador, mas a importância é dada à totalidade do processo de conceção.

O radar explica muito bem este ponto: cada parâmetro é importante mas não como a interação entre eles, uma *Active House* não é o edifício que atinge o máximo em cada indicador, mas é o edifício que consegue criar uma harmonia perfeita na forma como cada um deles interage com os outros. Desta forma, é possível medir o projeto de acordo com as necessidades específicas de cada edifício.

As diferentes classes são dadas como sugestões e exemplos dos melhores resultados. É necessário dizer também que as classes, na maioria dos casos, são retiradas dos regulamentos europeus e, portanto, já estão assimiladas nos regulamentos nacionais. A sustentabilidade, tanto nas normas AHS como nas NZEB, é alcançada através da análise do contexto e da relação entre o edifício e a envolvente.

CAPÍTULO III -ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE UMA *PASSIVE HOUSE*

1. METODOLOGIA

O caso de estudo do presente trabalho diz respeito ao desenvolvimento e estudo de um projeto de arquitetura *Passive House*, uma moradia unifamiliar (para um casal sem filhos que trabalha a partir de casa). O desenvolvimento deste projeto e estudo prende-se com o facto de introduzir o conceito no panorama nacional. Este projeto pretende que a sua construção seja feita de modo a atingir os padrões *Passive House* e a sua posterior certificação.

A orientação é alinhada com os quadrantes: Noroeste - NO; Sudeste – SE; Nordeste - NE e Sudoeste – SO.

As fachadas Nordeste e Sudoeste têm a mesma área de superfície opaca e o mesmo número de janelas com dimensões iguais. (3 janelas por fachada). O projeto situa-se à cota 94 acima da cota de rua que se situa à cota 93.

A análise do processo de desenvolvimento do projeto e de construção procura centrar-se no conceito *Passive House* e na sua aplicação concreta, através da descrição e fundamentação das soluções adotadas.

Neste serão apresentadas medidas e soluções a adotar tendo em vista a padrões *Passive House*, sem descurar a arquitetura. Trata-se e aplicar soluções e procedimentos genéricos adaptados ao panorama português que poderão também ser aplicados a qualquer tipo de edifício apesar da vertente do sector residencial ser predominante.

Não será seguido nenhum tipo de guião rígido a seguir, listagem de regras ou mandamentos de cumprimento obrigatório. Pretende-se analisar o projeto e como poderão ser alcançados os padrões *Passive House*.

2. O PROCESSO DO CONCEITO *PASSIVE HOUSE*

Durante a 15ª Conferência Internacional *Passive House* em Innsbruck, a 28 e 29 de Maio de 2011, foi definida com o *Passivhaus Institut*, a estratégia para a implementação do conceito em Portugal.

O projeto foi definido tendo em conta os princípios *Passive House* e os princípios solares passivos. A estratégia e seu desenvolvimento passará pela procura da racionalidade e simplicidade de ações. Trata-se de um projeto estudo de arquitetura, definido tendo em conta, como já referido anteriormente, o conceito *Passive House*, uma moradia unifamiliar (para um casal sem filhos que trabalha a partir de casa) localizado em Queijas, na Rua António Maria Costa Macedo 50, concelho de Oeiras.

Pretende-se, analisar as implicações do conceito na concretização prática de uma *Passive House* em Portugal, as soluções apresentadas neste pequeno estudo pretendem ser exemplificativos da importância do próprio desenho da arquitetura e de pequenos “gestos” que podem ter uma influência considerável no bom desempenho energético global de um edifício.

Considera-se, que o projeto/ objeto estudo se encontra livre obstáculos à radiação solar, reunindo assim boas condições (quase ideais) relativas à exposição ao sol.

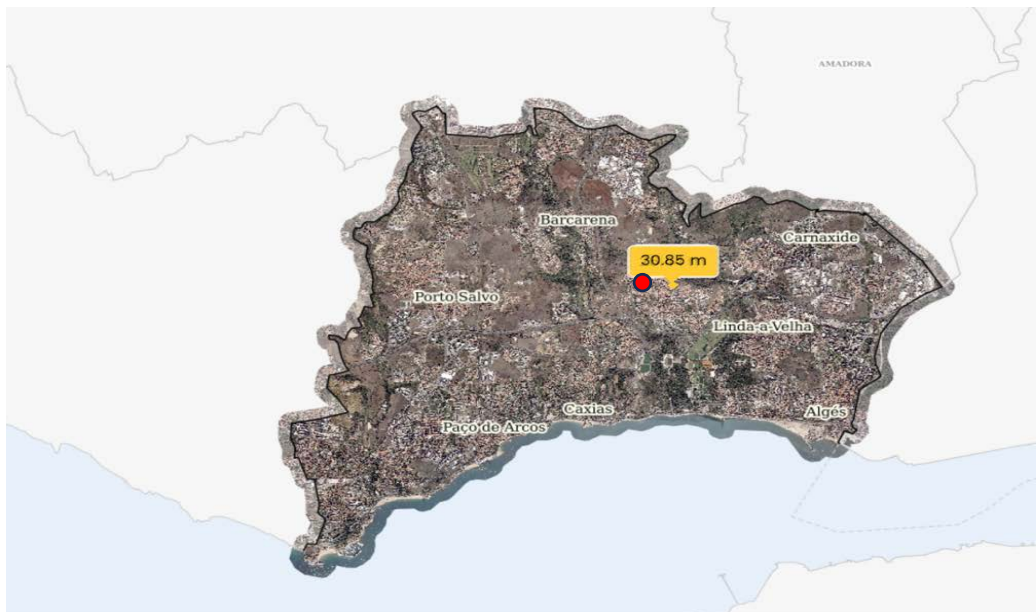


Ilustração 16 - Ortofotomapa localização da moradia no concelho de Oeiras (Fonte: Geoportai, Oeiras Interativa 2023)



Ilustração 17 - Fotografia aérea da área implantação do lote (Fonte: Geoportal, Oeiras Interativa 2023)

3. A DEFINIÇÃO DOS PRINCÍPIOS *PASSIVE HOUSE* APLICADOS AO PROJETO

- Otimização
- Forma
- Envolvente Opaca
- Sombreamento
- Envolvente translúcida
- Ventilação
- Estanquidade do ar
- Equipamentos

3.1. OTIMIZAÇÃO

A otimização da forma permite uma redução da necessidade de aquecimento e a necessidade de energia primária também é reduzida. Estas necessidades são reduzidas devido ao clima de Lisboa ser mais favorável a registar um melhor desempenho energético.

3.2. FORMA

O projeto tem forma retangular alongada com as fachadas maiores, orientadas a Sudoeste e Nordeste, e as fachadas menores orientadas a Noroeste e Sudeste. A altura do edifício é de 5.30m

A moradia de tipologia T2 parte de uma base simétrica, desenvolvida a partir de um “núcleo” central permitindo a circulação pelos diferentes espaços, dispõe de uma área bruta de 83,90m² e uma área útil de 67m², como mostra a Ilustração 18.

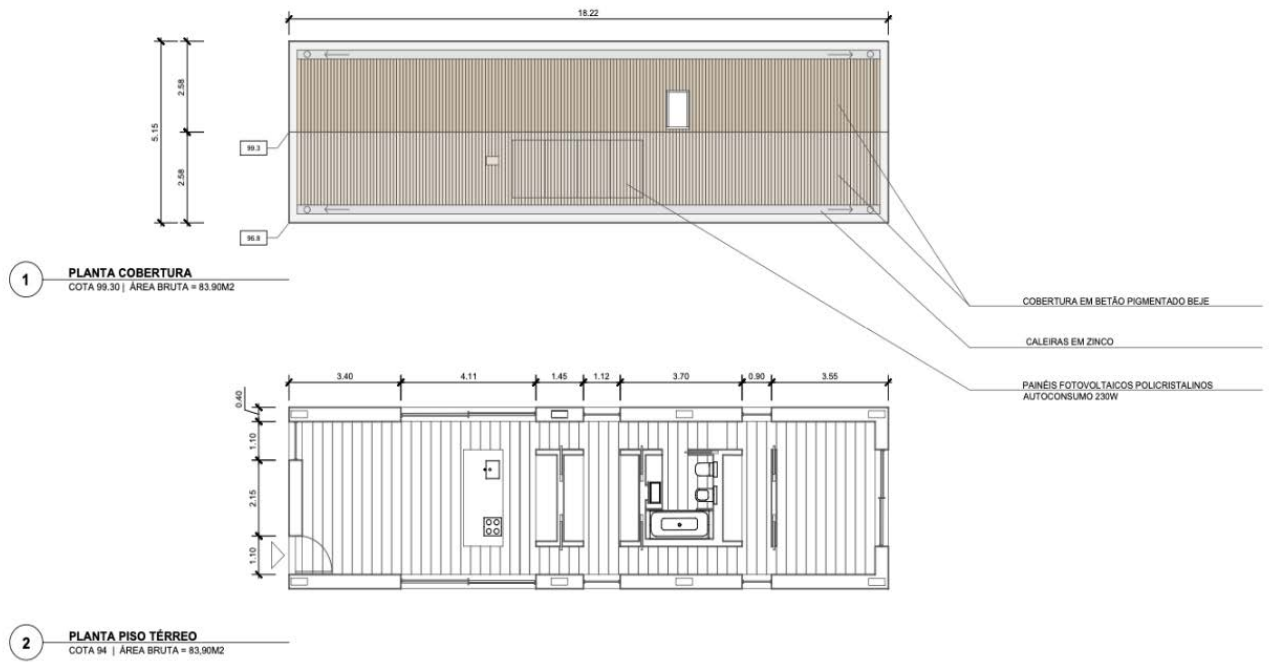


Ilustração 18 - Planta de Cobertura e Planta Piso Térreo.

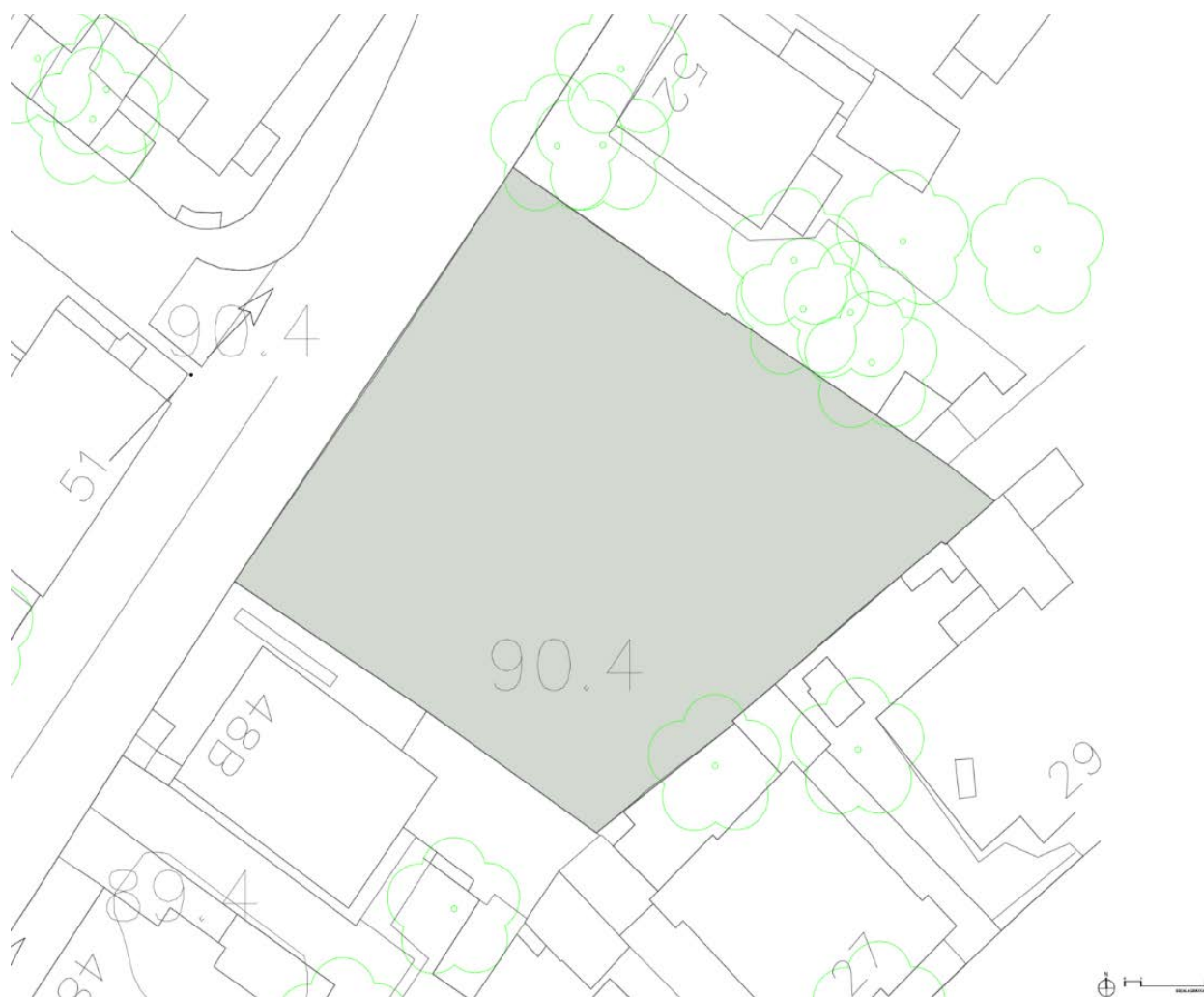


Ilustração 19 - Planta de Localização do Lote

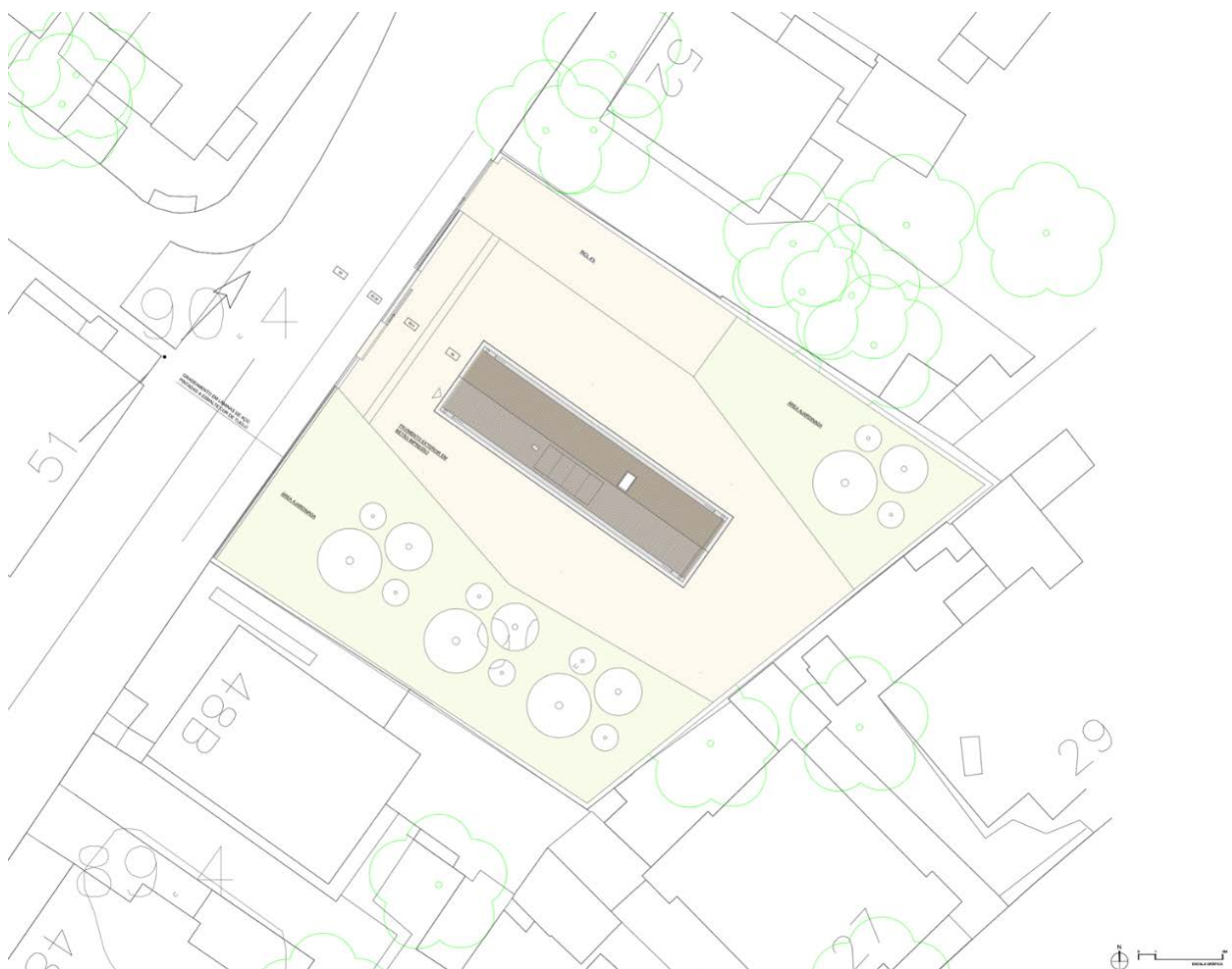


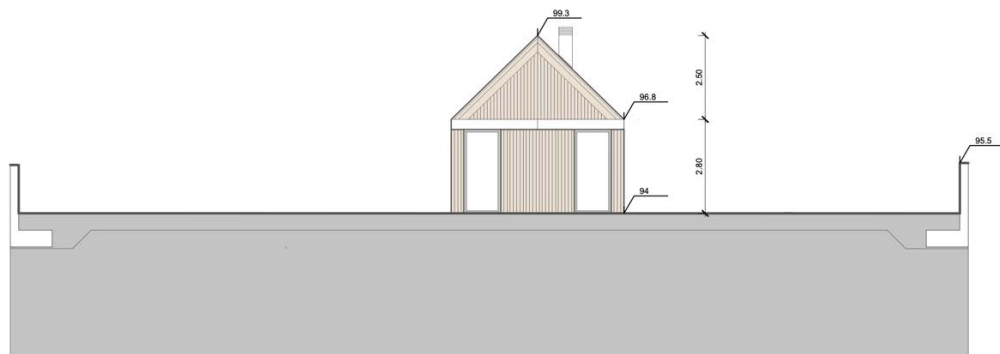
Ilustração 20 - Planta de Implantação

3.3. ENVOLVENTE OPACA

É importante otimizar o isolamento da envolvente opaca no modelo. A espessura do isolamento térmico nas paredes e cobertura é maior do que na construção convencional, permitindo assim um bom desempenho.



1 ALÇADO NORDESTE
COTA 94



2 ALÇADO NOROESTE (ENTRADA)
COTA 94

Ilustração 21 - Alçados Nordeste e Noroeste

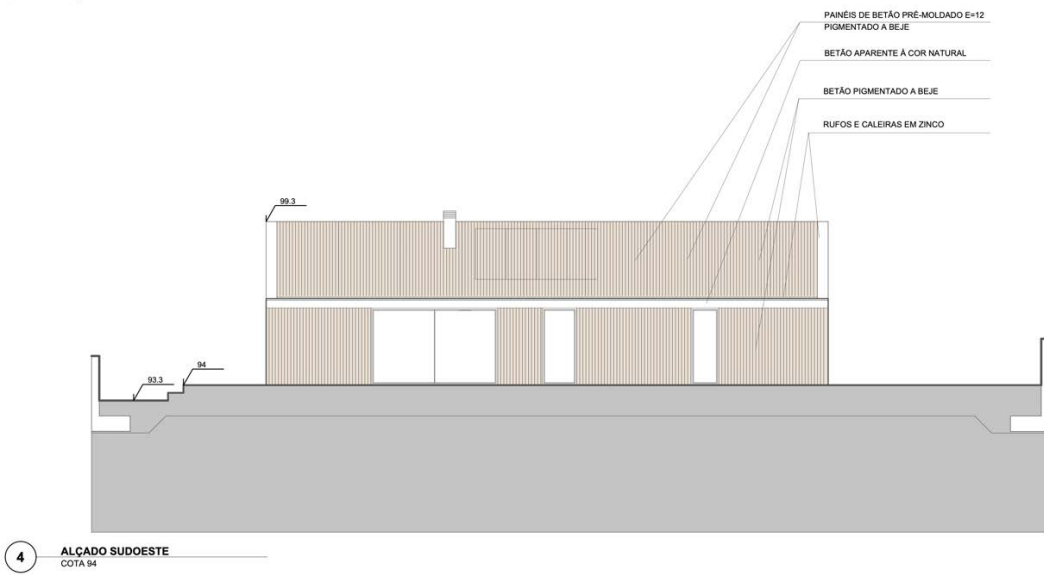
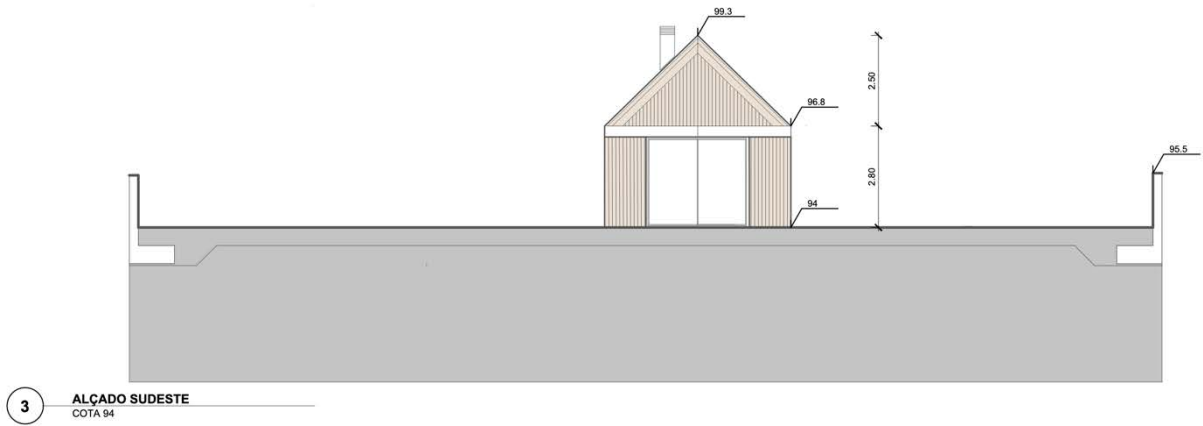


Ilustração 22 - Alçados Sudeste e Sudoeste

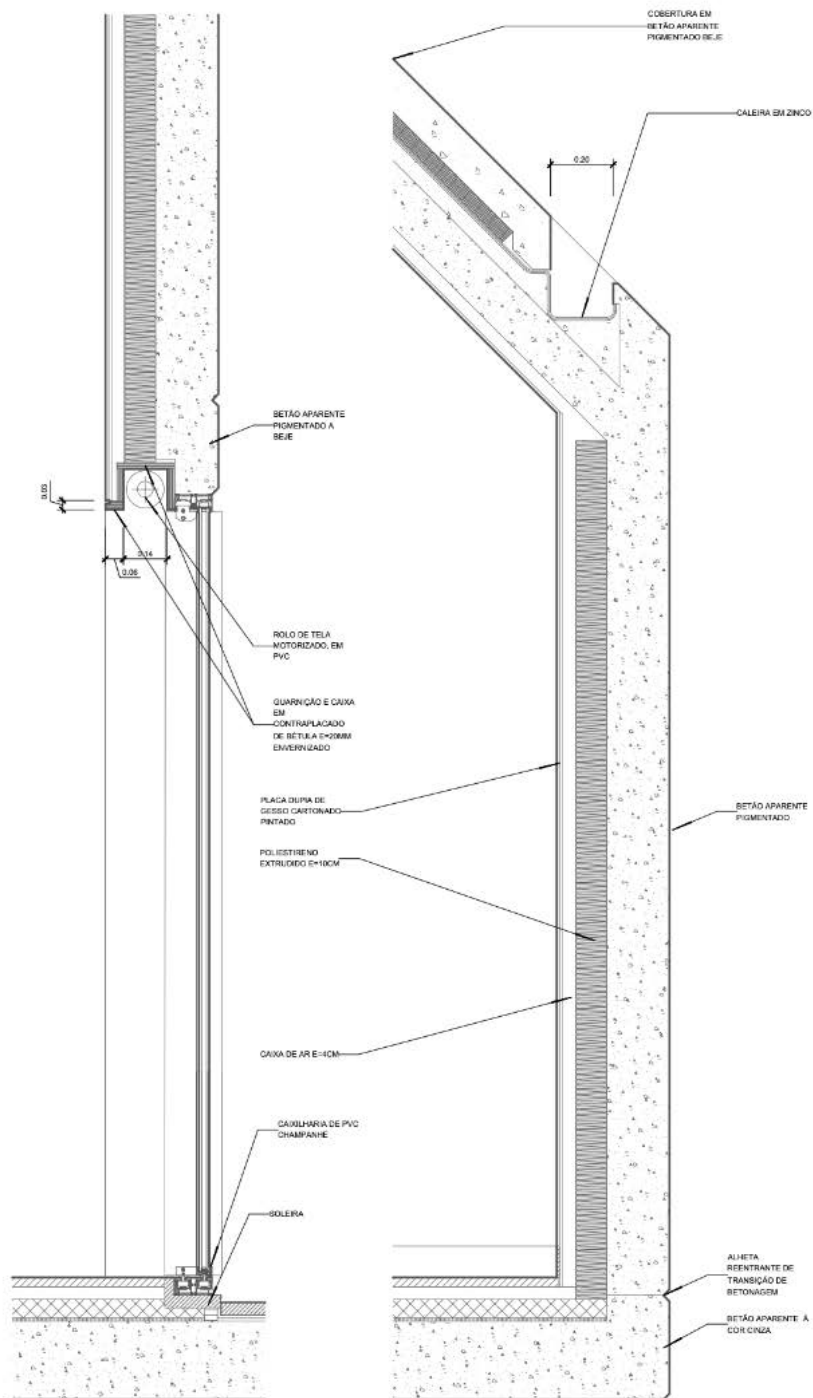


Ilustração 24 - Pormenor construtivo da fachada Sudeste (Corte 1 – vão tipo) (Corte 2 – vão em transição com a calreira)

A cobertura é constituída, do interior para o exterior, por: tecto em gesso cartonado; isolamento térmico em wallmate E=5; laje estrutural em betão; betonilha de regularização; tela de impermeabilização; Isolamento Térmico em Wallmate E=5; Laje estrutural em Betão Armado Pigmentado à Cor Beje. (Ilustração 25).

O *Passivhaus Institut* definiu um valor de referência para Lisboa de $U=0,330 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Schnieders, 2009).

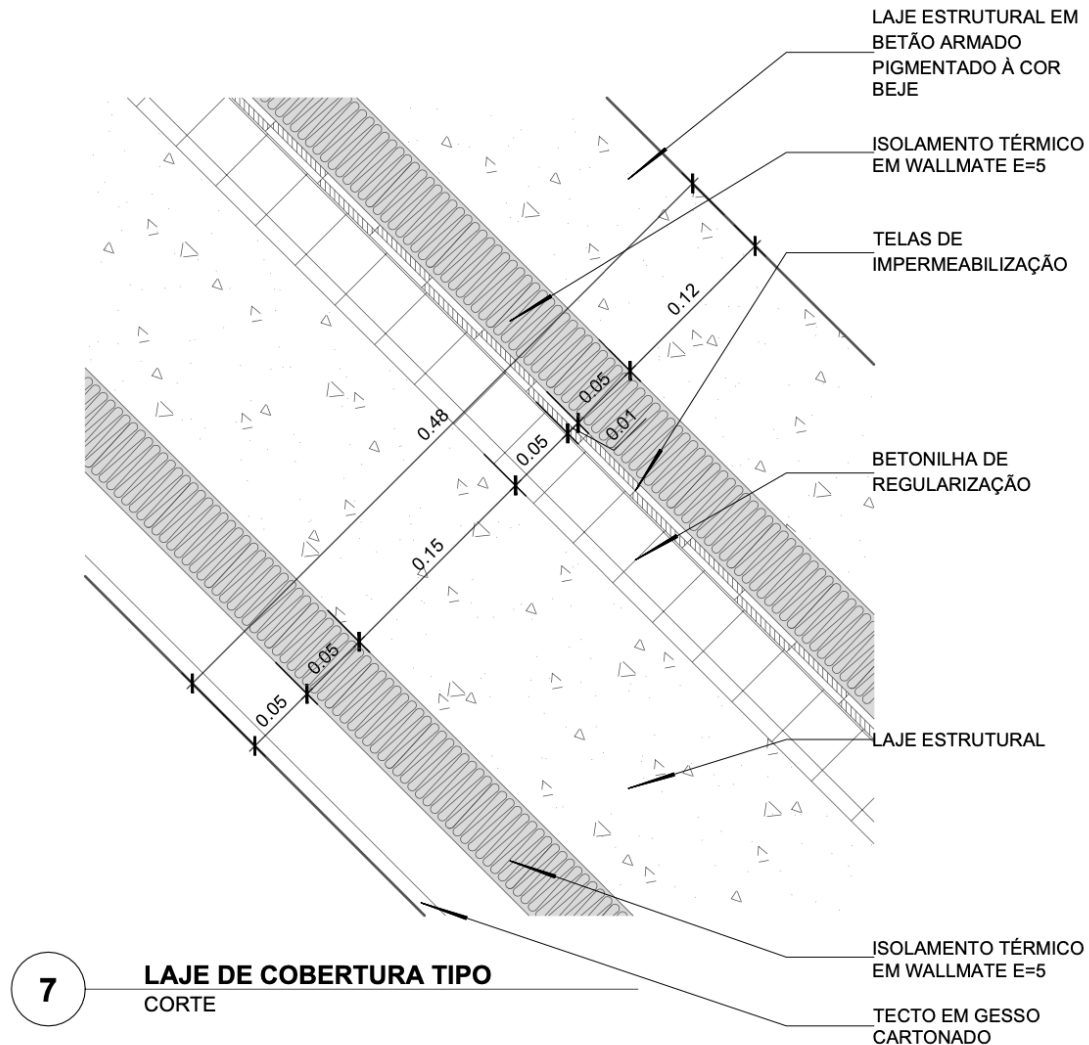
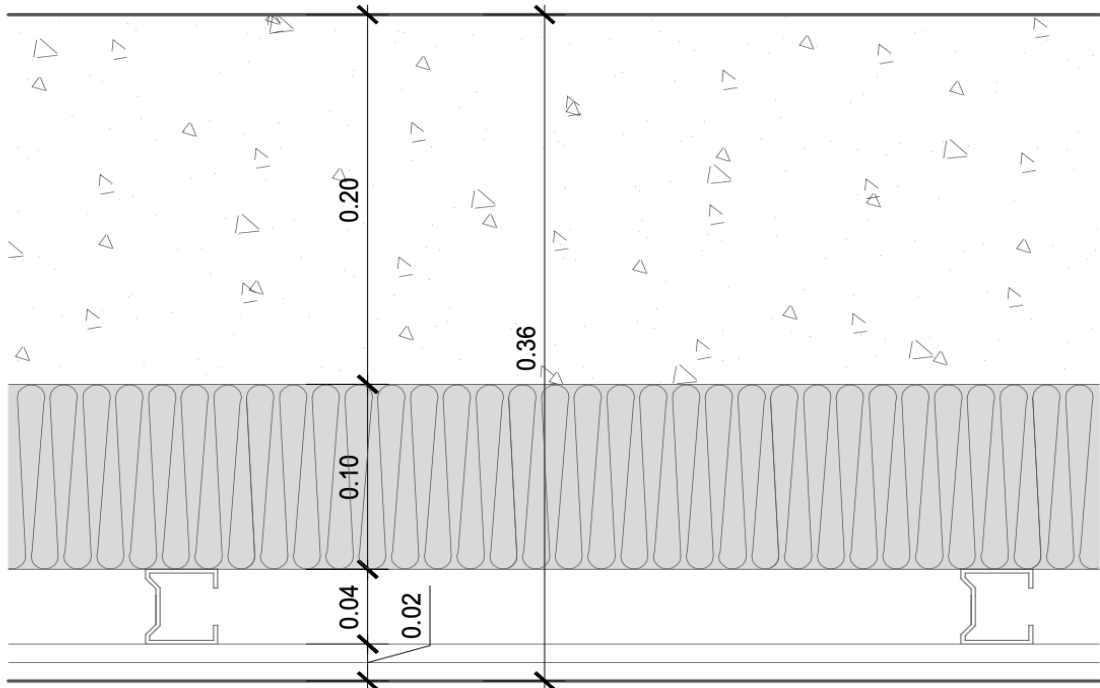


Ilustração 25 - Pormenor construtivo Laje de Cobertura tipo

O *Passivhaus Institut* definiu um valor de referência para Lisboa de $U=0,620 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (Schnieders, 2009).

A parede exterior é constituída, do interior para o exterior, por:

- Placa de Gesso Cartonado;
- Caixa de Ar E = 4 cm;
- Poliestireno Extrudido E= 10 cm
- Betão Aparente Pigmentado à cor Beje



4

PAREDE EXTERIOR TIPO PLANTA

Ilustração 26 - Pormenor construtivo Parede Exterior Tipo em Planta.

3.4. SOMBREAMENTO

Com temperaturas mais elevadas no Verão e com mais radiação solar é indispensável assegurar boa proteção solar em Lisboa. Existe apenas sombreamento no vão maior da sala orientado a Sudoeste, bem como no vão do quarto orientado a Sudoeste. Os restantes vãos ficam sem qualquer tipo de Sombreamento, ainda assim possível ter condições de conforto térmico no verão.

3.5. ENVOLVENTE TRANSLÚCIDA

A necessidade anual de aquecimento em Lisboa pode ser reduzida para mais de metade (apenas) com uma janela de desempenho superior.

A solução final dos vãos exteriores é constituída por: caixilharia de PVC com corte térmico; vidro incolor; soleira em PVC + Pedra; guarnição e caixa contraplacado bétula 2 cm; rolo tela branca motorizado.

Existirá diferença de transmissão térmica das janelas, esta dever-se-á ao facto de terem sido definidas janelas com diferentes dimensões e diferentes funcionamentos (pano móvel, pano fixo ou pano fixo + móvel). Estas diferenças farão variar a relação entre a área do vidro e a área do vão. Quanto maior for a área de vidro no vão, menor será o coeficiente de transmissão térmica da janela.

O *Passivhaus Institut* definiu um valor de referência para Lisboa de $U_{tot}=1,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Schnieders, 2012).

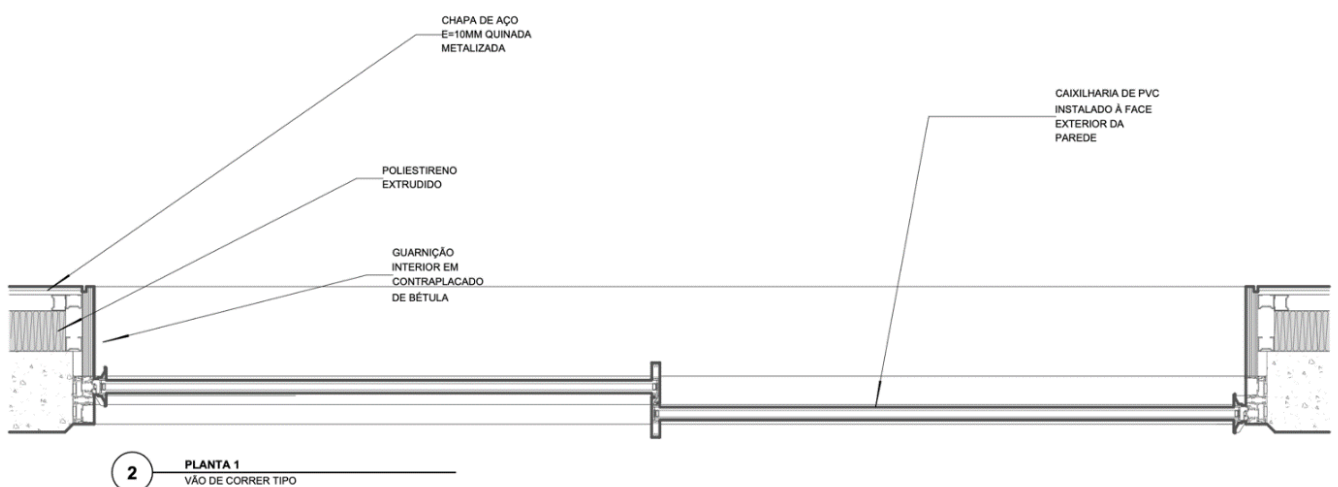


Ilustração 27 - Vão de Correr Tipo – Planta.

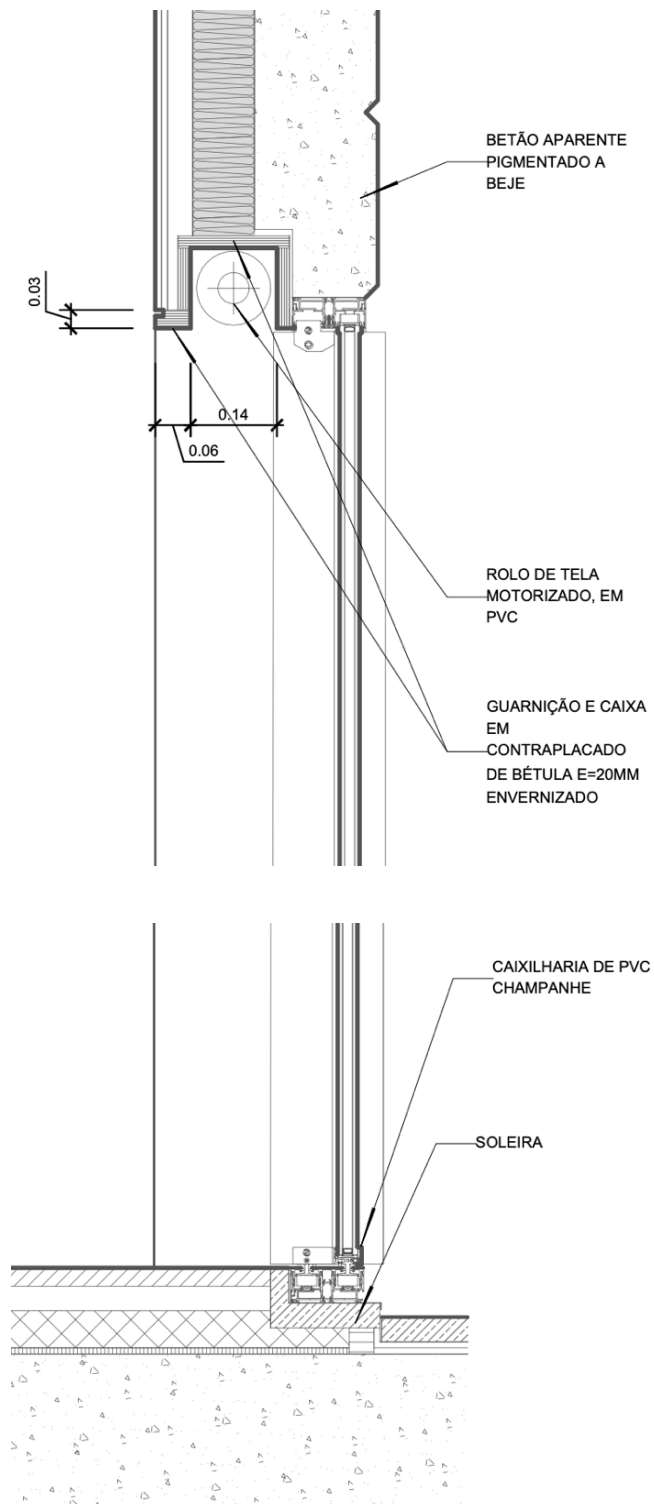


Ilustração 28 - Solução construtiva do Vão de Janela tipo.

3.6. VENTILAÇÃO

No projeto em causa, dá-se primazia à ventilação natural, que é garantida através da abertura dos vãos, mesmo com a ventilação natural, existe a necessidade de aquecimento, assim sendo, por questões de conforto e higiene, será definido um sistema de ventilação com recuperação de calor que permita, para além de garantir a qualidade do ar interior, climatizar (aquecimento e arrefecimento) e auxiliar a produção de AQS. A unidade será ligada durante o Inverno. No resto do ano será dada a preferência à ventilação natural.

Quando desligado, o sistema irá controlar o nível das necessidades impostas e atuará conforme o clima e o regime de utilização da habitação.



Ilustração 29 - : Esquema de princípio do sistema de ventilação (Fonte: Nilan, 2012)

A ventilação garantirá uma renovação de ar e será realizada através de uma unidade compacta integrada com o sistema solar térmico – é um equipamento certificado pelo *Passivhaus Institut*. Os consumos do equipamento são reduzidos.

No Inverno, o sistema irá recuperar a energia do ar extraído e transmiti-la para o ar insuflado e para as AQS, no Verão, caso o equipamento esteja em funcionamento, a energia do ar admitido é transferida para as AQS insuflando o ar mais fresco.

3.7. A ESTANQUIDADE

É importante que exista estanquidade, embora no caso de Lisboa, a mesma não influencie a necessidade anual de aquecimento. No entanto é de entendimento que quanto mais estanque for o edifício, menor é a necessidade de aquecimento, como é critério de uma construção de Passive House.

Os pontos mais suscetíveis à permeabilidade ao ar acontecem nas transições de elementos do interior para o exterior, como por exemplo as condutas do sistema de ventilação ou tomadas elétricas. Para a garantir a estanquidade do projeto, estes pontos deverão ser selados através da aplicação de bandas betuminosas flexíveis ou de vedantes à base de poliuretano.

3.8. EQUIPAMENTO

É promovida a iluminação natural, com grandes áreas envidraçadas em todas as divisões. A iluminação artificial será feita através da utilização de lâmpadas de baixo consumo e sensores para controle dos dispositivos. Os eletrodomésticos serão máxima eficiência energética.

3.9. OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Será importante, além de nos focarmos na questão energética, aplicar o produto **WEFI-BUILDING** – Water Energy Food Almost Independent Building – produto desenvolvido pela Homegrid, que permite que o edifício seja quase autónomo a nível energético, hídrico e alimentar.

Relativamente à questão energética, focamo-nos no sistema voluntário Português, LiderA – Liderar pelo Ambiente para a construção sustentável, que desde 2005, apoia, avalia e faz a certificação da sustentabilidade do ambiente construído.

O sistema através dos seus princípios e critérios (Ilustração 30), permite apoiar o desenvolvimento de projetos que procurem a sustentabilidade e certificar sustentabilidade de produtos no ambiente construído (edifícios, zonas urbanas, empreendimentos, materiais e produtos) desde a fase de projeto, construção até operação (LiderA, 2011).



Ilustração 30 - Diagrama com as seis vertentes e as vinte e duas áreas do sistema LiderA. (Fonte: LiderA, 2011).

A procura da sustentabilidade é efectuada através das seguintes seis vertentes, assumindo os seguintes princípios (LiderA, 2011):

- Valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- Fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;

Assegurar a utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

O projeto desenvolvido para estudo nesta dissertação teve como objetivo implementar o conceito *Passive House* direcionado à nova construção aplicada à zona de Lisboa.

Foram analisadas as várias etapas de otimização do projeto/ edifício de estudo quanto à sua forma, disposição de vãos, sombreamento, isolamento térmico da envolvente opaca, os vãos envidraçados/ translúcidos, a ventilação e a estanquidade ao ar, concluindo assim que é possível (e simples) construir um edifício com os padrões Passivhaus. Um dos maiores objetivos do conceito construtivo Passivhaus é o conforto e o uso inteligente de recursos a todos os níveis que deve ser respeitado em toda a sua plenitude. O desenho e conceito “Passivo” é dotado de grande versatilidade e poderá ser o ponto de partida para outras ideias que mudem o mundo e o paradigma atual.

1. RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

O consumo energético nos edifícios está a decrescer, este, prende-se com o facto do continuo desenvolvimento de elementos construtivos cada vez mais eficientes e eficazes. Futuramente será cada vez mais fácil construir um edifício de reduzida necessidade energética.

O conceito *Passive House* segue uma vertente construtiva que potencia melhores condições de saúde e conforto em espaços interiores, alta eficiência e redução de custos energéticos, caminhando para se tornar num edifício de necessidade energética nula.

É importante e interessante determinar em futuros projetos se a metodologia construtiva alemã pode ser “transportada” futuramente para a definição de edifícios de consumo energético nulo (nZEB – nearly zero-energy building) previstos para a União Europeia, atendendo às diretivas definidas e que entraram em vigor a 31 de Dezembro de 2020.

Podemos chegar à conclusão de que é viável e possível projetar um edifício com as características *passive house* no panorama português, será interessante ser implementada uma norma condutora para o nosso futuro edificado.

2. CONCLUSÃO

A presente dissertação procurou estudar e introduzir respostas pertinentes à atual preservação do ambiente e retardar o mais que se consiga as alterações climáticas, causadas pela má gestão de recursos, utilizando o Sol da melhor maneira possível.

Através da introdução do conceito *Passive House* e utilizando meios construtivos convencionais, pode-se obter um bom desempenho e eficiência energética na construção.

O objetivo e sentido da arquitetura deve ser a constante busca pelo belo aliado à sustentabilidade e conforto, a procura por este último é uma das maiores motivações do ser humano. O conforto térmico é determinante para a saúde física e psicológica das pessoas, que se traduz no estado das emoções.

Cabe ao arquiteto, que através do pensamento lógico e sentido estético se alcance tais sentimentos e sensações transportando-as para o projeto.

O projeto de arquitetura deve sobretudo revelar *Vanitas*, senão resume-se a mera construção civil, ainda e mesmo que muito qualificada.

A *Firmitas* e a *Utilitas* constituem o valor sustentável da construção para o seu pleno desempenho e deve propor a qualidade que toda esta dissertação se propõe.

Um próximo desafio, constituirá a perceção da influência de toda a Internet das coisas e a Inteligência Artificial que se incorporará nas construções, terá na personalidade e afirmação das construções que se querem sustentáveis e a caminho na persecução da neutralidade carbónica, da sustentabilidade, da ecologia e da capacidade da construção não ser antagónica da atividade humana de construir, habitar e viver conscientemente.

REFERÊNCIAS

- Abdala, E., Oliveira, E. & Cezarino, L. (2018). Triple Bottom Line in Green Supply Chain Management: A Chemical Industry Study. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 15 (2018), 162-172.
- Active House Alliance (2011). *Active House Specification* [online]. Consultado em 25 de maio de 2023. Disponível em www.activehouse.com.
- Apollonio, F. I., Gaiani, M., & Sun, Z. (2019). A Reality Integrated BIM for Architectural Heritage Conservation. In *Architecture and Design* (pp. 142–176). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7314-2.ch006>
- Baker, S. (2006). *Sustainable Development*. London: Routledge.
- Berger, W. (2011). *Necesitamos edificios estancos. Guia del estándar Passivhaus*. Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid.
- Brambilla, A. & Imperadori, M. (2013). *Active house: new buildings for sustainable architecture*.
- Cândido, A. (2010). *Desenvolvimento Sustentável e Pobreza no Contexto de Globalização. O Caso de Moçambique*. Dissertação de Mestrado. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.
- Chance, T. (2009). Towards sustainable residential communities; the Beddington Zero Energy Development (BedZED) and beyond. *Environment and Urbanization*, 21(2), 527–544. <https://doi.org/10.1177/0956247809339007>
- Cherry, C.; Hopfe, C.; MacGillivray, B. & Pidgeon, N. (2017). Homes as machines: Exploring expert and public imaginaries of low carbon housing futures in the United Kingdom. *Energy Research and Social Science*, 36–45.
- Clua, M. (2011). *Será Passivhaus? Será casa passiva? Guia del estándar Passivhaus*. Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid.
- Dias, R. (2010). *Environmental Management: Social Responsibility and Sustainability*. São Paulo: Atlas.

- Edwards, B. (2008). *Guía básica de la sostenibilidad*. Editorial Gustavo Gili, SL.
- Elkington, J. (2001). *Canibais com garfo e faca*. São Paulo: Makron Books.
- Fernandes, E., & Santos, H. (2022). *Edifícios de Elevado Perfil Ambiental em Portugal*. Universidade do Minho Editora.
- Flannery, J.A., & Smith, K. M. (2015). Bosco Verticale. In *Eco-Landscape Design* (pp. 52–61). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07206-7_8
- Furszyfer Del Rio, D. D.; Sovacool, B. K. & Martiskainen, M. (2021). Controllable, frightening, or fun? Exploring the gendered dynamics of smart home technology preferences in the United Kingdom. *Energy Research and Social Science*, 77.
- Garrido, L. (2014). *Arquitectura y Salud*. Monsa.
- Gauna, J. (2011). *Los edificios passivos. Guía del estándar Passivhaus*. Fundación de la Energia de la Comunidad de Madrid.
- Getter, K. L., & Rowe, D. B. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience*, 41(5), 1276–1285. <https://doi.org/10.21273/hortsci.41.5.1276>
- Gram-Hanssen, K.; Mechlenborg, M.; Valdroff Madsen, L. & Rhiger, R. (2017). Gender and ethical consumption of energy in smart homes. *Journal of Consumer Ethics*, 1, pp. 111–119.
- Hossain, M. U., & Thomas Ng, S. (2019). Influence of waste materials on buildings' life cycle environmental impacts: Adopting resource recovery principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.010>
- IBO (2009). *Passivhaus – Bauteilkatalog*. Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie. Springer. Verlag.
- IPHA (2012). *Active for more confort: The Passive House*. International Passive House Association.

- Jeremy, R. (2011). *Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World*. St. Martin's Press.
- Johnson, C. (2020). Is demand side response a woman's work? Domestic labour and electricity shifting in low income homes in the United Kingdom. *Energy Research and Social Science*, 68.
- Keeler, M., & Burke, B. (2010). *Fundamentos de Projetos de Edificações Sustentáveis*. Bookman.
- Krasny, M. E., & Tidball, K. G. (2015). *Greening in the Red Zone: Disaster, Resilience and Community Greening*. Springer.
- Kubba, S. (2017). Green Business Development. In *Handbook of Green Building Design and Construction* (pp. 805–851). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-810433-0.00015-0>
- Larsen, S. P. A. K. & Gram-Hanssen, K. (2020). When space heating becomes digitalized: Investigating competencies for controlling smart home technology in the energy-efficient home. *Sustainability*, 12.
- Machado, C.; Santos, S. & Souza, T. (2006). “A Sustentabilidade Ambiental em Questão”. In Silva, C. (Org.), *Desenvolvimento Sustentável: Um Modelo Analítico, Integrado e Adaptativo* (pp. 123-134). Rio de Janeiro: Vozes.
- Maclvor, J. S., & Ksiazek, K. (2015). Invertebrates on Green Roofs. In *Ecological Studies* (pp. 333–355). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14983-7_14
- Maclvor, J. S., Sookhan, N., Arnillas, C. A., Bhatt, A., Das, S., Yasui, S.-L. E., Xie, G., & Cadotte, M. W. (2018). Manipulating plant phylogenetic diversity for green roof ecosystem service delivery. *Evolutionary Applications*, 11(10), 2014–2024. <https://doi.org/10.1111/eva.12703>
- Martiskainen, Mari & Kivimaa, Paula (2018). Creating innovative zero carbon homes in the United Kingdom – Intermediaries and champions in building projects. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 26, pp. 15-31.

- Mechlenborg, M. & Gram-Hanssen, K. (2020). Gendered homes in theories of practice: A framework for research in residential energy consumption. *Energy Research and Social Science*, 67.
- Passipedia (2012). *The Passive House resource*. <http://www.passipedia.org/>
- Pless, S. & Torcellini, P. (2010). Net Zero Energy Buildings: a classification system based on renewable energy supply options. *Technical Report for NREL*.
- Serageldin, I. (1995). Evaluating environmentally sustainable development. In *Evaluation and Development. Proceedings of the 1994 World Bank Conference*. Washington: World Bank Operations Evaluation Department.
- Strengers, Y. & Kennedy, J. (2020). *The smart wife: Why Siri, Alexa, and other smart home devices need a feminist reboot*. MIT Press.
- Strengers, Y.; Dahlgren, K.; Nicholls, L.; Pink, S. & Martin, R. (2021). *Digital energy futures: Future home life*. Emerging Technologies Research Lab. Monash University.
- Strengers, Y.; Kennedy, J.; Acari, P.; Nicholls, L. & Gregg, M. (2019). Protection, productivity and pleasure in the smart home. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Theumer, S. (2012). *Introduction to PHPP*. Passive House Basics Course.
- Tjørring, L.; Jensen, C. L.; Hansen, L. G. & Andersen, L. M. (2018). Increasing the flexibility of electricity consumption in private households: Does gender matter? *Energy Policy*, 118, pp. 9–18.
- Vinay, S. (2017). *Assessing the Passive House regulations for future climate conditions in Swedish single family residential building*. Lund University
- Wei, S. (2018). Renewable Energy Technologies Applied in Architecture and Its Innovative Research. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 186, 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/186/4/012007>
- Zangalli Jr, P. (2013). Sustentabilidade Urbana e Certificações Ambientais na Construção Civil. *Soc. & Nat*, 25 (2), 291-302.

Zappi, D., & Ong, Y. (2013). *Guides to Gardens by The Bay*. Gardens by the Bay.

