



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# Utilização dos Princípios da Arquitetura Bioclimática no Projeto de Habitação Modular

**Nuno Miguel Moreira Henriques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Arquitetura**  
(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor Jorge Manuel da Silva Carlos

Covilhã, abril de 2017





## Agradecimentos

Em primeiro lugar, um agradecimento especial ao meu orientador, professor doutor Jorge Manuel da Silva Carlos, pelo interesse demonstrado pelo tema bem como pela orientação e disponibilidade sempre demonstradas.

Aos restantes professores que me acompanharam e ajudaram a definir o meu percurso académico, e que diretamente me ajudaram a tornar na pessoa que sou hoje.

Aos meus pais e família por todos os dias me acompanharem incansavelmente, por me apoiarem e incentivarem a descobrir, por serem sempre um exemplo, transmitindo valores e experiência, necessários durante todas as etapas da minha vida.

Aos meus amigos e colegas que me acompanharam nesta jornada importante, partilhando comigo momentos inesquecíveis.

A todos aqueles que indiretamente contribuíram para esta dissertação.



## Resumo

Arquitetura bioclimática é um conceito que visa a harmonização das construções com o meio ambiente de forma a otimizar a utilização dos recursos naturais disponíveis (luz solar e o vento), possibilitando conforto e harmonia entre o Homem e a natureza. Em primeiro plano destaca-se a estruturação do projeto arquitetónico segundo as características bioclimáticas de cada local de maneira a aumentar a eficiência energética e reduzir o impacto ambiental. Face a esta premissa é tido como principal objetivo desta dissertação, analisar e refletir a aplicabilidade destes conceitos, num caso prático de intervenção urbana. Uma vez que o caso prático está intrinsecamente dependente das características bioclimáticas de cada local, a escolha do local dita quais as condicionantes climáticas e necessidades do projeto. Em Portugal encontram-se zonas climáticas distintas, desde climas muito quentes a climas frios, dependendo também das estações do ano. Devido às consequências do aquecimento global dificilmente conseguimos identificar quatro estações e praticamente só duas se destacam, o Inverno e o Verão. O objeto de estudo será desenvolvido recorrendo à utilização de materiais pré-fabricados, num contexto modular, individual e com possibilidade de ser trasladado para diferentes locais, com características climáticas distintas, tendo como base a aplicação dos conceitos descritos acima. Pretende-se assim que o resultado final seja uma proposta de habitação modular adequada às necessidades atuais, onde a oferta de conforto ao utilizador e a integração do edifício no seu meio envolvente são requisitos prioritários. Pretende-se aqui recorrer sempre aos recursos naturais como principal fonte de sustento. Em último plano, ambiciona-se ainda que seja uma proposta apelativa e com potencial de desenvolvimento.

## Palavras-chave

Módulo, Arquitetura Bioclimática, Clima Local, Harmonia Espacial, Sustentabilidade.



## Abstract

Bioclimatic architecture is a concept that seeks to harmonize the building with the environment in order to optimize the use of available natural resources (sun and wind), providing comfort to the man in harmony with nature. This is aimed at structuring the architectural design based on bioclimatic features of each site in order to increase energy efficiency and reduce the environmental impact. Given this premise the thesis aims to analyze and reflect the applicability of this concepts in a practical case of urban intervention. Once the practical case is intrinsically dependent on the bioclimatic characteristics of each site, the choice of it dictates the climate conditions and project requirements. In Portugal there are different climatic zones, from very hot climates to cold ones, depending on the season, which are increasingly changing. Due to global warming today we could hardly identify four seasons and almost only two seasons stand out, Winter and Summer, and this factor demands the adequacy of the project to the respective climate zone. The study case will be developed with the application of prefabricated material in the context of modular housing, individual module and has the possibility to be placed in several different climatic zones, where the objective aims to apply the concepts described in the first place. There is a need to adequate housing to current needs, where the confort offer and the integration of the building with its environment are priority requests. It is intended to resort to the natural resources as main supply source. Lastly, it's pretend to be na apelative proposal with development potential.

## Keywords

Module, Bioclimatic Architecture, Local Climate, Spacial Harmony, Sustainability.



# Índice

<b>PARTE I - CONTEXTUALIZAÇÃO E INVESTIGAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1. Justificação da Temática	4
1.2. Problema	5
1.3. Objetivo	6
1.4. Metodologia	6
<b>2. ABORDAGENS BIOCLIMÁTICAS</b>	<b>9</b>
2.1. Arquitetura Bioclimática	10
2.2. Condicionantes do Projeto	11
2.2.1. A Localização	12
2.2.2. A Orientação da Forma Arquitetónica	12
2.2.3. A Envolvente Externa do Edifício	12
2.2.4. O Uso de Energia	13
2.3. Relação Conforto / Variantes Externas	15
2.4. Impacto da Radiação Solar nas Edificações	17
2.5. Projetar em Função do Clima	19
2.6. Opções Construtivas	21
2.7. Orientação das Fachadas	23
2.7.1. Fachadas Orientadas a Sul	23
2.7.2. Fachadas Orientadas a Nascente/Poente	23
2.7.3. Equinócio de Primavera e Outono	24
2.8. A Energia e o Ambiente Interno	24
2.9. Estratégias para diferentes Zonas Climáticas	26
2.9.1. Zonas Climáticas	26
2.9.2. Clima Ameno	27
2.9.3. Clima Quente	28
2.9.4. Clima Frio	29
2.10. O Diagrama de Behling	30
<b>3. O PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO</b>	<b>31</b>
3.1. Importância do Tema	32
3.2. A Revolução Industrial	32
3.2.1. O Arranque Industrial	34
3.2.2. Inovações Tecnológicas	34
3.3. A Standardização e o Modelo Fordista	37
3.4. Emissão de Poluentes na Indústria	39

3.5. Reflexos da Pré-Fabricação na Indústria	41
3.6. A Revolução “Verde”	42
<b>4. A REVOLUÇÃO VERDE</b>	<b>43</b>
4.1. Contextualização	44
4.2. Casos Práticos	46
4.2.1. Orientação, Forma Arquitetónica - Jacobs House II	46
4.2.2. Envoltente Exterior - The Great Wall of WA	48
4.2.3. Sistemas Passivos, Energia - Edifício Solar XXI	49
4.3. Viabilidade dos Materiais Construtivos	52
4.4. Elementos Estruturais	55
4.4.1. Estruturas Metálicas	56
4.4.2. Estruturas em Madeira	56
4.4.3. Estruturas em Light Steel Framing (LSF)	57
4.5. Escolhas Construtivas	58
<b>PARTE II - DESENVOLVIMENTO DO OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>59</b>
<b>5. CARACTERÍSTICAS LOCAIS</b>	<b>61</b>
5.1. Uniformidade da Forma Arquitetónica	62
5.2. Locais de Estudo	64
5.3. Ílhavo, distrito de Aveiro (I1-V1)	65
5.3.1. Características Arquitetónicas	65
5.3.2. Características Climáticas Regionais	66
5.3.3. Análise Solar	69
5.3.4. Análise dos Ventos Predominantes	71
5.3.5. Análise da Precipitação e Evaporação	71
5.4. Mértola, distrito de Beja (I1-V3)	72
5.4.1. Características Arquitetónicas	72
5.4.2. Características Climáticas Regionais	73
5.5. Montalegre, distrito de Vila Real (I3-V1)	74
5.5.1. Características Arquitetónicas	74
5.5.2. Características Climáticas Regionais	75
5.6. Diferenças entre os Locais de Translação do Edifício	76
<b>6. OBJETO DE ESTUDO (Memória Descritiva)</b>	<b>81</b>
6.1. Definição do Módulo	82
6.2. Organização do Espaço	83
6.2.1. Espaço Interior	83
6.2.2. Espaço Exterior	87

<b>6.3. Orientação das Fachadas</b>	<b>88</b>
<b>6.4. Iluminação e Arrefecimento naturais</b>	<b>90</b>
<b>6.5. Escolhas Construtivas</b>	<b>91</b>
6.5.1. Caracterização da Envolvente Externa	92
6.5.1.1. Parede Exterior Vertical	92
6.5.1.2. Parede Interior Vertical	93
6.5.1.3. Vãos Envidraçados	93
6.5.1.4. Laje de Cobertura	93
6.5.1.5. Laje de Piso	94
6.5.1.6. Proteção Exterior (sombreamento)	94
6.5.2. Caracterização Geral do Edifício	95
6.5.3. Materiais	96
<b>6.6. Translação do Edifício</b>	<b>98</b>
6.6.1. Alteração na Envolvente Externa	100
6.6.2. Alteração nas Proteções Passivas	101
6.6.3. Alteração nas Fachadas	103
6.6.4. Alteração na Cobertura	103
<b>7. CONCLUSÃO</b>	<b>105</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>109</b>

# Lista de Figuras

## CAPÍTULO 2

**Figura 2.1** – As três esferas da sustentabilidade;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.2** – Sistema de ganhos diretos;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.3** – Parede termoacumuladora;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.4** – Parede de água;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.5** – Sistema de ganho separado/estufa;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.6** – a) Localização; b) Orientação e Forma; c) Envolvente externa; d) Energia;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.7** – Divisão do planeta em Regiões Climáticas;

Fonte: Wikipédia.

**Figura 2.8** – Casa-pátio Romana;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.9** – Zonas de amortecimento térmico;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.10** - Exemplo de carta solar

Fonte: [folhazero.wordpress.com/2008/10/19/trabalhando-com-carta-solar/](http://folhazero.wordpress.com/2008/10/19/trabalhando-com-carta-solar/);

**Figura 2.11** - Exemplo de geometria solar ao longo do ano

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.12** - Incidência solar no edifício ao longo do dia;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.13** - sistemas solares passivos em fachadas orientadas a sul: a) beiral amplo; b) prateleiras de luz; c) palas horizontais;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.14** - Sistemas solares passivos em fachadas orientadas a Nascente e Poente: a) palas verticais; b) jardim vertical;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.15** - Sistema solar passivo em fachada orientada a Sul durante os equinócios. a) Primavera; b) Verão;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.16** - Tendência de movimento do ar quente (diurna e noturna); Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.17** - Estratégias solares passivas de Inverno: a) ganhos diretos; b) paredes com inércia térmica forte e massa termoacumuladora; c) sistemas de circulação de ar; d) compartimentos de amortecimento térmico;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.18** - Estratégias solares passivas de Verão: a) sistemas de sombreamento; b) promoção de ventilação natural noturna; c) arrefecimento por tubos; d) paredes com inércia térmica forte e massa termoacumuladora;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.19** - Estratégias passivas de Verão: a) sistemas de sombreamento; b) torre de ventilação e cobertura de água; c) espelhos de água/refrigeração passiva;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.20** - Estratégias passivas de Verão: Utilização de cores claras e sombreamento por vegetação na fachada Oeste;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.21** - Estratégias passivas para climas frios: a) salamandra em zona central; b) estufa anexa à fachada mais beneficiada; c) forte inércia térmica e ventilação;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.22** - Uso de vegetação como quebra-vento e fachadas de cor escura; Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 2.23** - Diagrama de Behling;  
Fonte: Researchgate.net.

### **CAPÍTULO 3**

**Figura 3.1** - Bairro operário em Londres (ilustração);  
Fonte: Gravura de Gustave Doré de 1872 (BENEVOLO, 1999).

**Figura 3.2** - Palácio de Cristal, Londres - 1851;  
Fonte: Artesigloxxi.blogspot.com.

**Figura 3.3** - Palácio de Cristal (interior), Londres - 1851;  
Fonte: Arcoweb.

**Figura 3.4** - Palácio de Cristal (interior), Londres - 1851;  
Fonte: Arcoweb.

**Figura 3.5** - Densidade da rede ferroviária no Séc XIX;  
Fonte: Desenho elaborado pelo autor.

**Figura 3.6** - Operários a executarem uma determinada tarefa no processo de montagem;  
Fonte: Wikipédia.

**Figura 3.7** - Ilustração conceptual da linha de montagem do Ford Model T; Fonte: Cargocollective.com.

**Figura 3.8** - Ford Model T, criado por Henry Ford na década de 1920;  
Fonte: History of the roaring twenties.

**Figura 3.9** - Imagem de um agente londrino durante o Nevoeiro de Londres, 1952;  
Fonte: Mundo Tentacular.

### **CAPÍTULO 4**

**Figura 4.1** - Consumo energético per capita;  
Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 4.2** - Pirâmide Hierárquica, Mark Dekay;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 4.3** - Casa Jacob II, F.L. Wright - Planta do Rés-do-Chão;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 4.4** - Casa Jacob II, F.L. Wright - Fachada Sul;

Fonte: LOPEZ, Pedro - Investigacion y Arquitectura.

**Figura 4.5** - Casa Jacob II, F.L. Wright - Fachada Norte;

Fonte: LOPEZ, Pedro - Investigacion y Arquitectura.

**Figura 4.6** - The Great Wall of WA (Austrália), Luiggi Rosselli - Fachada Sul;

Fonte: Archdaily.com.

**Figura 4.7** - Edifício Solar XXI, Pedro Cabrito e Isabel Dinis (Arquitetos);

Fonte: Desenho elaborado pelo autor.

**Figura 4.8** - Edifício Solar XXI - Planta intermédia

Fonte: GONÇALVES, Helder - Edifício Solar XXI: Um edifício energeticamente eficiente em Portugal.

**Figura 4.9** - Extremidade das condutas de ventilação e sistemas de arrefecimento pelo solo;

Fonte: GONÇALVES, Helder - Edifício Solar XXI: Um edifício energeticamente eficiente em Portugal.

**Figura 4.10** - Módulo de painéis fotovoltaicos;

Fonte: GONÇALVES, Helder - Edifício Solar XXI: Um edifício energeticamente eficiente em Portugal.

**Figura 4.11** - Estrutura em Light Steel Framing (LSF);

Fonte: WordPress.com Construção Modular.

## CAPÍTULO 5

**Figura 5.1** - Escola tipo (um piso), Plano dos Centenários - Alçado;

Fonte: Wikipédia.

**Figura 5.2** - Escola tipo (um piso), Plano dos Centenários - Planta;

Fonte: A Escola Portuguesa - Do “Plano dos Centenários” à construção da rede escolar no distrito de Vila Real.

**Figura 5.3** - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários - Alçado;

Fonte: A Escola Portuguesa - Do “Plano dos Centenários” à construção da rede escolar no distrito de Vila Real.

**Figura 5.4** - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários - Planta R/C; Fonte: A Escola Portuguesa - Do “Plano dos Centenários” à construção da rede escolar no distrito de Vila Real.

**Figura 5.5** - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários - Planta do piso superior; Fonte: A Escola Portuguesa - Do “Plano dos Centenários” à construção da rede escolar no distrito de Vila Real.

**Figura 5.6** - Localização de Ílhavo no distrito do Aveiro;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 5.7** - Palheiros da Costa Nova, Ílhavo;

Fonte: Vermelho Sangue, anseio, devaneios e etc.

**Figura 5.8** - Palheiros da Costa Nova, Ílhavo;

Fonte: Vermelho Sangue, anseio, devaneios e etc.

**Figura 5.9** - Zonas climáticas I1 e V1, respetivamente.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.10** - Zona Climática I1-V1;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.11** - Temperatura média do ar - Março de 2015;

Fonte: IPMA

**Figura 5.12** - Temperatura média do ar - Junho de 2015; Fonte: IPMA

**Figura 5.13** - Temperatura média do ar - Setembro de 2015; Fonte: IPMA

**Figura 5.14** - Temperatura média do ar - Dezembro de 2015;

Fonte: IPMA

**Figura 5.15** - Método de análise de cartas solares;

Fonte: Folhaa0 - Trabalhando com carta Solar.

**Figura 5.16** - Carta solar para latitudes de 40,60°N;

Fonte: Programa Excel, para cálculo de geometria solar.

**Figura 5.17** - Localização de Mértola no distrito de Beja;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.18** - Vista geral da cidade de Mértola;

Fonte: Mértola Concelho Blogspot

**Figura 5.19** - Edificado de Mértola;

Fonte: Mértola Concelho Blogspot

**Figura 5.20** - Zonas climáticas I1 e V3, respetivamente;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.21** - Zona climática I1-V3;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.22** - Localização de Montalegre no distrito de Vila Real;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.23** - Casa típica beirã

Fonte: Capeiaariana.pt

**Figura 5.24** - Casa típica beirã

Fonte: Capeiaariana.pt

**Figura 5.25** - Zonas climáticas I3 e V1, respetivamente;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.26** - Zona climática I3-V1;

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

**Figura 5.27** - Carta solar para latitudes de 36,5° N;

Fonte: Programa Excel, para cálculo de geometria solar.

**Figura 5.28** - Carta solar para latitudes de 42° N;

Fonte: Programa Excel, para cálculo de geometria solar.

## **CAPÍTULO 6**

**Figura 6.1** - Dimensões (em centímetros) da unidade modular e do espaço modular;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.2** - Distribuição de usos dentro dos espaços modulares;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.3** - Diagrama de volumes intermédios (vista em planta);

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.4** - Diagrama de volumetria base;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.5** - Adaptação do espaço modular aos volumes intermédios e possibilidade de multiplicação;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.6** - Conjugação dos espaços modulares para a composição da habitação de tipologia T1;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.7** - Planta da tipologia T1 (escala: 1:100) 1)

I.S.; 2) sala técnica; 3) quarto; 4) cozinha + sala jantar; 5) hall; 6) sala de estar;

Fonte: Desenho técnico elaborado pelo autor.

**Figura 6.8** - Conjugação dos espaços modulares para a composição da habitação de tipologia T2;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.9** - Planta da tipologia T2 (escala 1:100) 1)

sala de estar; 2) sala técnica; 3) I.S.; 4) I.S.; 5) quarto; 6) hall; 7) cozinha + sala de jantar; 8) lavandaria; 9) quarto;

Fonte: Desenho técnico elaborado pelo autor.

**Figura 6.10** - Diagrama de espaços exteriores;

Fonte: Diagrama elaborado pelo autor.

**Figura 6.11** - Hipótese de implantação de uma tipologia T2, no concelho de Ílhavo (sem escala);

Fonte: Fotografia aérea retirada do Google Earth e trabalhada em Photoshop, pelo autor.

**Figura 6.12** - Estudo de fachada Sul, sem escala;

Fonte: Desenho técnico elaborado pelo autor.

**Figura 6.13** - Corte longitudinal, sem escala;

Fonte: Desenho técnico elaborado pelo autor.

**Figura 6.14** - Iluminação natural e arrefecimento evaporativo;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.15** - Esquema representativo das entradas de ar;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.16** - Hipóteses de criação de ventilação cruzada;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.17** - Diagrama demonstrativo do conceito da proteção;

Fonte: Diagrama elaborado pelo autor.

**Figura 6.18** - Diagrama de espaços interiores / usos;

Fonte: Diagrama elaborado pelo autor.

**Figura 6.19** - Fotografia do local de implantação, Ílhavo - 2016;

Fonte: Fotografia da autoria do autor.

**Figura 6.20** - Modelo 3D, vista da fachada Oeste e Sul;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

**Figura 6.21** - Modelo 3D, vista da fachada Este e Norte;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

**Figura 6.22** - Corte longitudinal com demonstração dos materiais interiores; Fonte: Diagrama elaborado pelo autor.

**Figura 6.23** - Mapa de Portugal continental - Locais de translação dos edifícios;

Fonte: Diagrama elaborado pelo autor

**Figura 6.24** - Alteração no isolamento térmico (pormenor, sem escala);

Fonte: Desenho técnico elaborado pelo autor.

**Figura 6.25** - Comportamento dos sistemas de sombreamento face à altitude solar;

Fonte: Esquema elaborado pelo autor.

**Figura 6.26** - Espaço de estar exterior;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

**Figura 6.27** - Espaço de estar exterior;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

**Figura 6.28** - Modelo 3D, adaptação do edifício às exigências da região de Mértola;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

**Figura 6.29** - Modelo 3D, adaptação do edifício às exigências regionais de Montalegre;

Fonte: Modelo 3D elaborado pelo autor.

## Lista de Tabelas

### CAPÍTULO 2

**Tabela 2.1** - Critérios para a determinação das zonas climáticas de Inverno;

Fonte: REH

**Tabela 2.2** - Critérios para a determinação das zonas climáticas de Verão;

Fonte: REH

### CAPÍTULO 4

**Tabela 4.1** - Percentagem de energia utilizada durante a fase de produção;

Fonte: TORGA, F. Pacheco - A sustentabilidade dos Materiais de Construção.

**Tabela 4.2** - Massa volúmica aparente e índice de condutibilidade térmica;

Fonte: TORGA, F. Pacheco - A sustentabilidade dos Materiais de Construção.

### CAPÍTULO 5

**Tabela 5.1** - Temperatura média do ar, 2015

Fonte: IPMA

**Tabela 5.2** - Dados retirados da carta solar, relativamente à fachada Sul (latitude 40,60° N)

Fonte: Programa Excel, para cálculo de geometria solar.

**Tabela 5.3** - Dados retirados da carta solar, relativamente à fachada Este e Oeste (latitude 40,60° N)

Fonte: Programa Excel, para cálculo de geometria solar.

**Tabela 5.4** - Velocidade média do vento por rumos;

Fonte: C.M. Ílhavo.

**Tabela 5.5** - Temperatura média do ar;

Fonte: IPMA

**Tabela 5.6** - Comparação dos dados retirados da carta solar para a fachada Sul (amplitude solar)

Fonte: Tabela elaborada pelo autor.

**Tabela 5.7** - Comparação dos dados retirados da carta solar para a fachada Este/Oeste (amplitude solar)

Fonte: Tabela elaborada pelo autor.

**Tabela 5.8** - Precipitação média mensal (mm)

Fonte: C.M. Ílhavo.

**Tabela 5.9** - Estatísticas de referência para a estação de aquecimento;

Fonte: LNEG

**Tabela 5.10** - Estatísticas de referência para a estação de arrefecimento;

Fonte: LNEG

## Lista de Acrónimos

**INE** – Instituto Nacional de Estatística;

**AVAC** - Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;

**INETI** - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação;

**LSF** - Light Steel Framing;

**OSB** - Oriented Strand Board (Painel de tiras de madeira alinhadas);

**DGEMN** - Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais;

**NUTS** - Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins Estatísticos

**IPMA** - Instituto Português do Mar e da Atmosfera;



# PARTE I

Contextualização e investigação



# 1. INTRODUÇÃO

*“Ao longo da História, os povos têm construído edificações com uma sensibilidade intuitiva em relação ao meio ambiente e ao clima dos locais onde vivem, garantindo o seu próprio conforto e, ao mesmo tempo, respeitando os seus recursos naturais limitados, trabalhando de acordo com as forças da natureza.”*

***Huw Heyhood***

## 1.1. Justificação da temática

A capacidade de reprodução e regeneração são características humanas das quais depende a Arquitetura. Citando Siza, “se ignorarmos o Homem, a Arquitetura torna-se desnecessária”. Ultimamente conceitos como “sustentabilidade”, “arquitetura bioclimática” e “casa ecológica” tornaram-se temas dominantes no debate da arquitetura contemporânea e da construção. Ainda que pareçam de certa forma recentes, paradoxais ou até utópicos no seu contexto prático, estão presentes no nosso quotidiano e têm vindo a ser desenvolvidos pelo ser humano, há várias gerações.

É possível observar que ao longo da história os povos idealizaram as suas construções com uma sensibilidade intuitiva relacionada com o clima e local de implantação. Na arquitetura vernacular, por exemplo, verifica-se uma constante correção no método de projetar com base nas formas naturais do terreno e nos recursos através da utilização de técnicas rudimentares que potencializam o desempenho da edificação. Contudo, à medida que a revolução industrial se manifestou, a harmonia entre o objeto arquitetónico e a envolvente começou a decrescer. Temos assistido desde então a uma degradação ambiental com base no aumento progressivo da poluição gerada pelo consumo excessivo de energia nas edificações e pela utilização de combustíveis fósseis na indústria e nos transportes. É inegável que existe consumo energético na construção de edifícios e na sua utilização, todavia este consumo excessivo pode ser reduzido se aliado a uma boa conceção do projeto de arquitetura.

Pretende-se aqui explorar de forma equilibrada os três componentes importantes para a prosperidade da espécie humana na Terra:

- O Meio Ambiente;
- A Arquitetura;
- O Homem;

Cada projeto deverá estar condicionado à sua localização, ao relevo natural do terreno, à vegetação e ao clima. Só depois de estas condicionantes serem respeitadas é que iremos praticar, enquanto arquitetos, uma arquitetura pensada para as pessoas e contribuir de forma adequada para a sustentabilidade humana.

## 1.2. Problema

*“Grande parte da história das civilizações Ocidentais tem sido caracterizada pela exploração, destruição e descuido do ambiente. Porque é que somos uma espécie tão destrutiva? Vários argumentos têm sido expostos para explicar a raiz das nossas tendências destrutivas ambientais, incluindo a nossa religião, a nossa estrutura económica e social, e a própria evolução da tecnologia. (...) No primeiro capítulo do Génesis, o povo é ordenado por Deus para dominar a natureza, para procriar e para ter o domínio de todos os seres vivos. Esta visão antropocêntrica da natureza advém da doutrina Judeo-Cristã, que coloca o Homem no pináculo do desenvolvimento e encoraja-o a usar a natureza como bem entender. Neste texto, (...) Lynn White argumenta que aqueles que seguem a religião Judeo-Cristã são instruídos a ver a natureza como um inimigo e que os recursos naturais devem ser usados para satisfazer as necessidades da sobrevivência humana e sua propagação. A partir deste dogma desenvolveu-se a tecnologia e a economia capitalista e ultimamente a degradação ambiental.” (Pierce, 1975) <sup>1</sup>*

Como se sabe, as alterações climáticas são uma forte ameaça ambiental do Séc. XXI e é um tema bastante discutido nos últimos anos, por ter um impacto profundo e transversal na sociedade, na economia e no meio ambiente. Destacam-se aqui alguns problemas como o risco para a saúde pública, variações climáticas de grande amplitude, bem como a degradação do planeta e seus dependentes. Partindo da premissa que se pretende explorar de forma equilibrada os três componentes referidos anteriormente - Homem, Arquitetura e Meio Ambiente - o edifício e os impactos de que este é responsável serão uma prioridade. O tempo de construção prolongado, a necessidade de utilização de equipamentos de aquecimento, arrefecimento e iluminação são consequências de um planeamento arquitetónico errado que se refletem posteriormente em gastos energéticos excessivos. Apesar de serem frequentemente apresentadas e postas em prática novas tecnologias que tendem a reduzir o consumo energético dos edifícios e que contribuem de forma positiva para um mundo mais ecológico, em Portugal estes avanços ainda estão em fase embrionária e são poucos os que surgem como um método alternativo acessível. Desta forma é de extrema importância utilizar todos os sistemas de construção passivos disponíveis para diminuir a necessidade de utilizar equipamentos elétricos. De salientar que o custo suportado pelas famílias constitui atualmente um problema que preocupa a todos. Em média por ano as despesas domésticas oscilam em 20.391€ por agregado familiar.<sup>2</sup> Urge aqui uma intervenção mais ativa da parte do arquiteto para que a utilização de fontes de energia renováveis e a inibição de equipamentos elétricos faça parte da realidade social. Em Portugal cerca de 62% do consumo de energia elétrica é atribuída a edificações (comparado com uma média de 40% na União Europeia) sendo que desses, 29% resumem-se a edifícios residenciais. Estes valores poderiam diminuir significativamente com a implementação

---

<sup>1</sup> PIERCE, J. Jefferey - Environmental Pollution and Control, p.17

<sup>2</sup> INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, I.P. - Inquérito às Despesas das Famílias 2010, p. 24-36

de novos conceitos de habitação e a promoção dos mesmos. É possível projetar habitações onde o consumo energético durante a sua vida útil possa ser substancialmente reduzido ou até mesmo dispensado.

### 1.3. Objetivo

Esta dissertação tem por objetivo o estudo de uma solução habitacional concebida a partir de materiais pré-fabricados, energeticamente eficiente e com capacidade de adaptação a diversas premissas, tais como o clima, o terreno, ou a situação social. Desta forma será possível criar uma ideia onde o conforto térmico do edifício e o consumo energético apresentem valores moderados e não se comprometam mutuamente.

Desta forma pretende-se que:

- Na solução arquitetónica a desenvolver sejam aplicados os princípios de arquitetura bioclimática tendo em conta os recursos naturais disponíveis (sol, vegetação, chuva e vento);
- O sol forneça energia para um aquecimento passivo no inverno bem como iluminação natural;
- A vegetação proteja o edifício de ventos dominantes de inverno e proporcione proteção solar no verão nos casos em que se justifique;
- O vento promova a ventilação natural do edifício para o seu arrefecimento passivo no Verão.
- Seja contabilizada a possibilidade de instalação de equipamentos para a produção de energia local, tais como painéis solares e/ou turbinas eólicas com vista à sua autossuficiência energética e com o objetivo de minimizar os consumos externos.

### 1.4. Metodologia

Enunciados os principais objetivos desta dissertação elaboramos agora a metodologia a seguir. Numa primeira fase serão apresentados os conceitos importantes para o desenvolvimento do objeto de estudo, tendo como base de referência a arquitetura bioclimática. Este capítulo pressupõe uma visão geral das condicionantes do projeto para que desta forma se consigam atingir os resultados desejados. Para melhor se entender o que é e como é aplicada a teoria bioclimática, serão apresentadas estratégias passivas padrão, que são pensadas e adequadas a cada zona climática. A comparação com a arquitetura característica do local permite perceber o porquê da associação do local às características da habitação e compreender de que forma é possível aproveitar da melhor forma os recursos naturais disponíveis. Numa segunda fase será feita uma retrospectiva ao processo de industrialização tendo em conta que foi um período de grandes inovações tecnológicas e também o grande impulsionador da utilização de combustíveis fósseis, do aparecimento da produção mecânica e do desencadeamento da produção em série, que consecutivamente resultou na produção frequente de materiais pré-fabricados. Esta

revisão tem como objetivo o enquadramento do tema da dissertação no contexto teórico e histórico. Consequentemente serão identificados problemas ambientais relativos à produção industrial. Serão ainda abordados os fatores que nos sensibilizam para repensar a forma de construir, segundo os princípios sustentáveis e as alternativas construtivas existentes, implantadas em métodos de construção pré-fabricada. Partindo daqui será possível identificar os pontos fortes da utilização do metal na construção e de que forma este pode beneficiar o ambiente através das vantagens da sua utilização. Numa terceira fase, serão analisados casos práticos que utilizam sistemas baseados na teoria bioclimática. Será também feita uma previsão das opções construtivas a utilizar. De seguida, será recolhida informação relativa ao local de implantação. Farão parte desta documentação: fotografias do local, informações relativas ao clima e mudanças de temperatura, classificação de zona climática e suas características. Estes documentos irão servir como base justificativa das soluções práticas, tendo em conta as necessidades construtivas do edifício. Numa fase final será apresentada a proposta construtiva. O seu desenvolvimento irá demonstrar na prática a aplicabilidade dos princípios da arquitetura bioclimática. Nesta fase será apresentada a proposta desenhada do edifício, integrando os conceitos então enumerados. A proposta será submetida a três zonas climáticas diferentes de forma a comparar as exigências de cada uma delas e as devidas alterações no projeto.



## 2. ABORDAGENS BIOCLIMÁTICAS

*“A Arquitetura não tem de ser sustentável. A Arquitetura, para ser boa, já é, implicitamente, sustentável. Nunca haverá uma boa arquitetura que seja estúpida! Um edifício em cujo interior as pessoas morram de calor, por mais elegante que seja, será sempre um fracasso. Não se pode elogiar um edifício por ser sustentável.*

*Seria como elogiá-lo por ficar de pé!”*

**Eduardo Souto de Moura**

## 2.1. Arquitetura Bioclimática

Para contextualizarmos o tema da arquitetura bioclimática, é necessário entender o conceito em primeiro lugar. O tema sustentabilidade, abordado de forma geral, envolve três aspetos importantes, denominados as três esferas da sustentabilidade (Figura 2.1). “Para tornar o desenvolvimento sustentável, é preciso articular e equilibrar estes três aspetos: o económico, o social e o ambiental” (Munasinghe, 2007).<sup>3 4</sup> Dentro deste contexto é de extrema importância criar estabilidade entre o crescimento económico e o equilíbrio ambiental. Em suma, para que exista desenvolvimento sustentável estas três esferas devem estar equilibradas e em harmonia. Dentro do espectro social urge a necessidade de integração social, cooperação e responsabilidade participativa do homem neste processo evolutivo para que sejam criadas novas alternativas de subsistência através da recolha de recursos e energia. O atual modelo económico consumista não permite que haja desenvolvimento sustentável e apesar de já existirem medidas que visem a preservação do ecossistema e do equilíbrio ambiental como é o caso do reflorestamento, a variável ambiental necessita de estar mais presente nas ideologias de produção e de desenvolvimento económico.

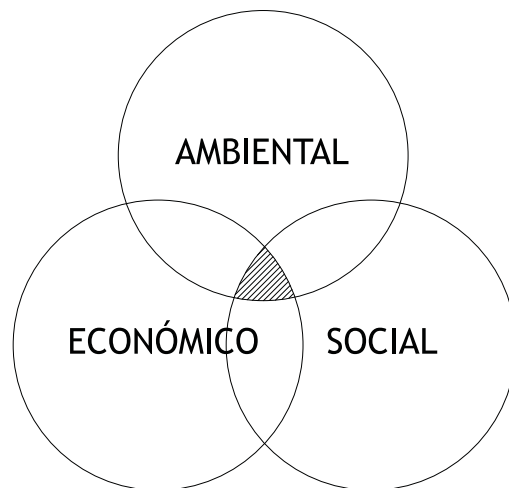


Figura 2.1 - As três esferas da sustentabilidade

A primeira definição de desenvolvimento sustentável surgiu em 1987 no Relatório de Brundtland e afirmava que “desenvolvimento sustentável é aquele que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras” (Brundtland, 1987).<sup>5</sup>

<sup>3</sup> Prof. Mohan Munasinghe, prémio Nobel da Paz no ano de 2007

<sup>4</sup> Rumo Sustentável - Sustentabilidade depende do equilíbrio entre três esferas: Setores económico, social e ambiental devem estar articulados

<sup>5</sup> GONÇALVES, Joana - Arquitetura Sustentável: uma Integração entre Ambiente, Projeto e Tecnologia em Experiências de Pesquisa, Prática e Ensino, p.52

O aquecimento global é atualmente um dos fatores mais comprometedores da qualidade de vida das próximas gerações, impulsionado sobretudo pela utilização de combustíveis fósseis na indústria, nos transportes e nas edificações para que haja condições necessárias de habitabilidade, conforto, e rápida resposta às carências dos utilizadores. A Arquitetura Bioclimática assume-se assim como uma forma pensada de melhorar essas condições de conforto aliadas a um consumo reduzido de energia, semelhante à arquitetura vernacular, tirando o facto desta última se basear no conhecimento empírico e ser transmitida de geração em geração. Pretende-se assim criar edifícios que proporcionem o aumento da qualidade de vida do ser humano tanto no ambiente interno do edifício como na sua envolvente (Corbela, 2003). <sup>6</sup> Consegue-se tudo isto abordando o clima como um elemento primário, através da manipulação dos recursos naturais externos. Assim, “mais importante do que a denominação, são os conceitos e princípios presentes na arquitetura bioclimática” (Gonçalves, 2004) <sup>7</sup>, os quais nos ajudam a compreender as condicionantes impostas pelas variáveis climáticas - sol, vento e chuva - e perceber de que forma as mesmas se integram no comportamento térmico do edifício. Os precedentes arquitetónicos demonstram que a partir da Segunda Guerra Mundial, com a globalização do “International Style” <sup>8</sup>, surgiu uma reprodução de edifícios com características inadequadas e um aumento do consumo energético que veio a intensificar-se nas décadas posteriores. A relação entre as exigências de conforto da era moderna e a independência dos edifícios do seu local de implantação resulta em parte, da proliferação de equipamentos mecânicos e sistemas de aquecimento como meio de atingir os níveis de conforto interno adequados.

## 2.2. Condicionantes do projeto

Através de um desenho consciente é possível equilibrar a relação de consumo energético e conforto térmico desejados. É possível adaptar a forma de construir de maneira a criar condições confortáveis dentro dos edifícios com uso modesto dos recursos naturais disponíveis. Pressupõe-se que um edifício bem projetado proporcionará conforto térmico durante todo o ano ao mesmo tempo que o seu consumo energético é moderado. Durante o estudo da arquitetura bioclimática definiram-se quatro situações que afetam diretamente o projeto e determinam a capacidade de resposta do edifício às condicionantes externas ao mesmo tempo que garantem a sua eficiência energética e conforto térmico aos utilizadores. Sendo estas:

- A localização;
- A orientação da forma arquitetónica;
- A envolvente externa do edifício;
- O uso de energia;

---

<sup>6</sup> CORBELA, Oscar - Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos, p.18-19

<sup>7</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.4

<sup>8</sup> Entende-se por “International Style” o tipo de arquitetura funcionalista/modernista praticada na primeira metade do século XX em todo o mundo.

### 2.2.1. A Localização

A localização do edifício é a primeira condicionante do projeto. O desenho da edificação deve ter em conta a morfologia do terreno, o tipo de clima da região e deve considerar sempre as variáveis dos elementos naturais (o sol, o vento e a chuva). Estes fatores são determinantes para um bom planeamento do edifício. Por mais simples que seja o edifício é aconselhável que tenha em consideração o local de implantação porque muitas vezes a estética sobrepõe-se a esta premissa tornando o edifício menos eficiente energeticamente (tal como se verificou no período dominado pelo “International Style”).

### 2.2.2. A orientação da forma arquitetónica

Analisar a orientação e a forma arquitetónica é fundamental para um conforto térmico de baixo consumo energético. Depois da fase de análise da morfologia do terreno e a sua relação com os elementos naturais devem ser esmiuçadas as melhores opções quanto à orientação do edifício e a sua forma. Genericamente, a terra divide-se em dois hemisférios, norte e sul. No hemisfério norte a orientação do edifício para sul é a que mais beneficia e satisfaz as exigências de conforto, de forma a otimizar os benefícios do sol. Da mesma forma, a disposição das divisões internas deve ser analisada de modo a que sua disposição seja benéfica para os utilizadores: áreas de uso temporário ou zonas de serviço devem localizar-se preferencialmente a norte enquanto as áreas de permanência devem ser orientadas a sul.

### 2.2.3. A envolvente externa do edifício

A envolvente externa tem uma influência significativa nas condições de habitabilidade do edifício. O seu principal objetivo é assegurar as condições térmicas internas evitando as trocas de calor do interior para o exterior e vice-versa. Assim, a envolvente externa deve oferecer:

- **Estanquidade** - Garantia de resistência da envolvente externa à água da chuva;
- **Impermeabilização** - Contribuir significativamente para a otimização da envolvente externa no seu todo, no entanto esta característica não assegura a estanquidade. A sua função está dependente do tipo de material utilizado e na espessura da parede;
- **Isolamento Térmico** - É o que evita trocas da temperatura interior/exterior. Atenua as trocas térmicas do interior para o exterior (e vice-versa). Para um melhor funcionamento da envolvente externa e obtenção de uma forte inércia térmica sugere-se que o material de isolamento seja colocado pelo exterior da parede;
- **Acabamento** - A sua função primária é definir o aspeto exterior/interior da parede.

## 2.2.4. O uso de energia

Juntamente com a proliferação das técnicas construtivas desenvolvidas após a Segunda Guerra Mundial e o fácil acesso a combustíveis de origem fóssil, as técnicas rudimentares perderam-se e foram substituídas por técnicas complementares de origem artificial. O conforto térmico assim como a luz artificial estão na sua maioria associados à maior percentagem de consumo energético nas edificações, quando estas deveriam usufruir dos recursos naturais externos (Corbela, 2003).<sup>9</sup> Objetiva-se que um edifício que atenda a todas as premissas descritas nas secções anteriores possa ter as condições de habitabilidade necessárias para proporcionar conforto térmico e nesse sentido ser energeticamente independente. No entanto é inevitável o consumo energético, tanto por equipamentos como para iluminação. O problema está nas fontes de onde é recolhida esta energia que podem e devem ser reformadas, bem como o método de projeção do edifício.

- **Aproveitamento da energia solar** - Através da abertura de vãos envidraçados consegue-se o aproveitamento da radiação solar incidente nas fachadas tanto para efeitos de aquecimento passivo como de iluminação natural. As áreas em questão beneficiam do conforto térmico produzido pela transformação da radiação solar em calor. Os painéis fotovoltaicos são utilizados como soluções de ganho energético indireto, reduzem os gastos económicos e têm menor impacto ambiental comparativamente às fontes de energia convencionais.
- **Sistemas de Ganhos Diretos** - É o tipo de sistema solar passivo mais utilizado (está intrinsecamente presente quase na totalidade dos edifícios). Para que funcione necessita que um determinado compartimento possua um vão envidraçado e este permita a entrada de radiação solar (Figura 2.2). À medida que o edifício absorve a energia, armazena-a e liberta-a em função do ambiente interno - qualquer massa de ar quente, procura uma massa de ar frio de forma a chegar a um equilíbrio (Heywood, 2012).<sup>10</sup> Este sistema, além de ser o mais económico é também o que proporciona melhor rendimento energético.
- **Sistemas de Ganhos Indiretos** - Nestes casos é solicitada a colocação de uma massa térmica colocada entre a fonte de calor (sol) e o ambiente a aquecer. A radiação incidente na massa térmica é libertada para o interior do edifício em forma de energia térmica - novamente, qualquer massa de ar quente, procura uma massa de ar frio de forma a chegar a um equilíbrio (Heywood, 2012).<sup>11</sup> É possível controlar as variações térmicas e evitar o sobreaquecimento uma vez que estes são elementos construtivos independentes do edifício. Os tipos de sistemas mais utilizados são as paredes termoacumuladoras (Figura 2.3), as paredes e coberturas de água (Figura 2.4) e os sistemas de ganho separado/estufas (Figura 2.5) (Mendonça, 2005).<sup>12</sup>

<sup>9</sup> CORBELA, Oscar - Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos, p.18-19

<sup>10</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p.127

<sup>11</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p.127

<sup>12</sup> MENDONÇA, P - Tecnologias Solares Passivas, p.7-28



Figura 2.2 - Sistema de ganhos diretos



Figura 2.3 - Parede termoacumuladora

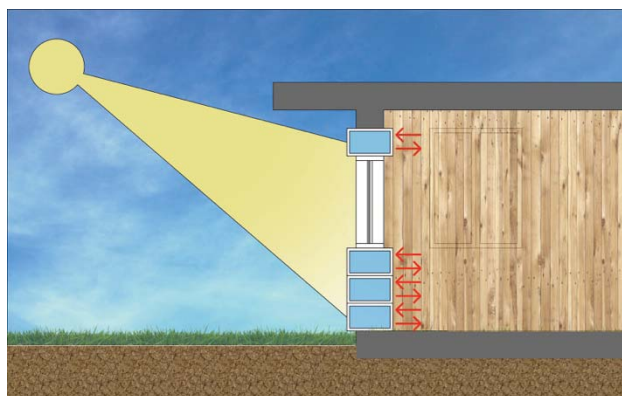


Figura 2.4 - Parede de água

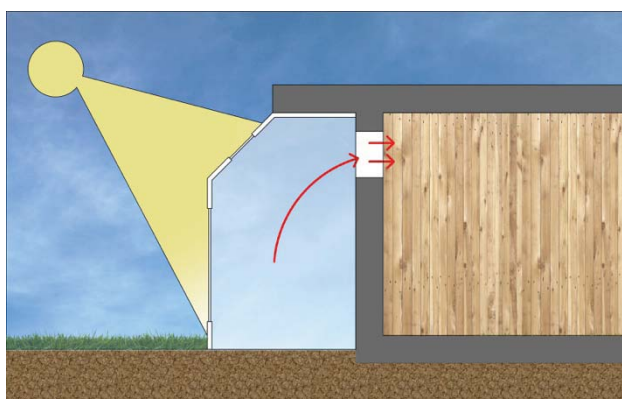


Figura 2.5 - Sistema de ganho separado/estufa

## 2.3. Relação conforto/variantes externas

Pode-se assumir o termo conforto como um estado físico em que o utilizador não sente incómodo ou qualquer tipo de preocupação com o clima interno do edifício. É o momento em que deixa de se sentir desconforto. O corpo humano é capaz de gerar o seu próprio calor que em parte se dissipa para o meio ambiente. Quando a quantidade de calor que é dissipada for elevada o corpo humano reage diminuindo a transpiração e a pessoa veste mais roupa. O inverso acontece quando se sente calor, a transpiração aumenta e é necessário diminuir a quantidade de vestuário. Estes fatores acontecem por causa da temperatura do espaço ocupado. Então, o conforto térmico depende também do ambiente interno do edifício (Corbella, 2003).<sup>13</sup> Na Figura 2.6 é demonstrado de que forma as variantes externas têm impacto no conforto do utilizador e por sua vez, de que forma é possível ajustar o ambiente interno, adaptando o projeto às condicionantes referidas na secção 2.2.

O bom relacionamento das três primeiras componentes (localização, orientação da forma e envolvente externa) melhora o comportamento do edifício face às condições externas. Neste processo, dividido em quatro fases determinou-se que uma habitação sujeita a um determinado tipo de clima poderá ter consumo energético nulo. Uma habitação bem projetada é capaz de manter temperaturas interiores confortáveis ao utilizador durante a maior parte do ano. (Heywood, 2012).<sup>14</sup> No entanto, em muitos dos casos este comportamento não se verifica. Podemos obter conforto interno de duas formas:

- **Conforto interno SEM recurso a energia-** A forma arquitetónica quando bem concebida, interfere de forma extremamente positiva no comportamento do edifício, aproximando-o dos níveis de conforto regulamentares. A utilização de técnicas solares passivas e por último a escolha das vedações externas, protegem o edifício e definem o comportamento do ambiente interno.
- **Conforto interno COM recurso a energia-** Esta fase é preferencialmente opcional. Dada a premissa de que a arquitetura bioclimática é uma forma pensada de proporcionar condições de conforto através de um consumo reduzido de energia, existe aqui uma escolha a tomar pelo utilizador: adaptar-se ao ambiente interno mudando o seu comportamento através da adição de vestuário ou exercício físico, ou então utilizar energia. Os objetivos das três primeiras componentes do projeto passam por adaptar o edifício ao local/meio-ambiente para dessa forma ser possível o menor consumo necessário de energia.

---

<sup>13</sup> CORBELA, Oscar - Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos, p. 32-33

<sup>14</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p. 82-83

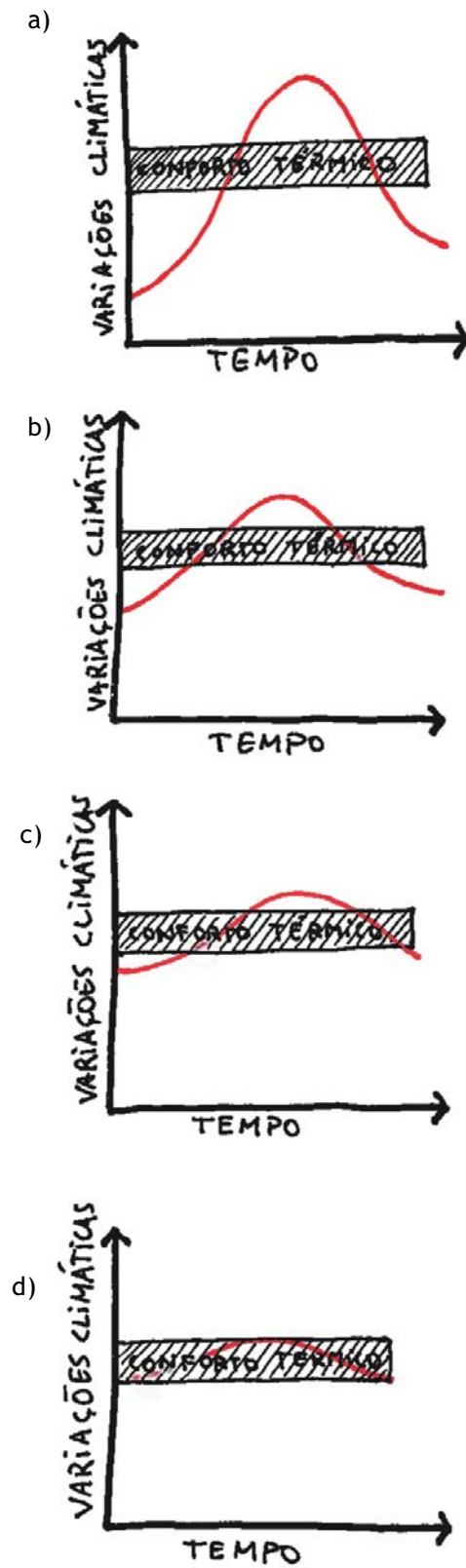


Figura 2.6 - a) Localização; b) Orientação e Forma; c) Envolvente Externa; d) Energia.

## 2.4. Impactos da radiação solar nas edificações

Semelhante à arquitetura bioclimática, a arquitetura vernacular obtém conforto térmico utilizando os recursos naturais presentes no local. Baseia-se no conhecimento empírico e os saberes são transmitidos de geração em geração, fazendo com que os edifícios se tornem cada vez mais adaptados ao local. Este conhecimento advém inconscientemente de uma análise pessoal aos elementos naturais (sol e vento) por parte dos utilizadores, seguido de uma intervenção no edifício que tem como objetivo o melhoramento das condições de habitabilidade. A razão pela qual é importante analisar o clima e a movimentação solar é exatamente a de conseguir tirar o melhor aproveitamento das características de cada local e obter a maior eficiência possível na conceção do edifício.

É sabido que o planeta está em constante movimento. Esse movimento é o responsável pela mudança de estações e influencia as características da radiação solar e do vento, através de uma combinação de vários fatores entre os quais a latitude e longitude, a proximidade do mar, a posição do sol ou a direção do vento. As duas últimas variam com as estações do ano tornando necessário conhecer as variações no seu comportamento para entender de que forma se relacionam com o edifício.

- **Posição geográfica** - O planeta terra divide-se horizontalmente em dois hemisférios por uma linha paralela de referência chamada de Linha do Equador. A partir desta linha define-se a latitude terrestre e esta consiste na distância angular de qualquer ponto do globo em relação à linha do Equador. Da mesma forma que existe uma linha de referência para a divisão horizontal, existe também uma linha que divide a terra verticalmente (meridiano de Greenwich). Chama-se longitude à distância angular de qualquer ponto em relação ao meridiano de Greenwich.

Como se pode observar na Figura 2.7, o planeta divide-se também em diferentes zonas climáticas (tropical, temperada, polar, mediterrânica, árida e montanhosa). Iguamente diferentes, são as exigências de conforto térmico.

Por exemplo, em zonas tropicais é de extrema importância o controlo da incidência de radiação solar nas fachadas e no interior dos edifícios para evitar o sobreaquecimento. Nestas zonas próximas da linha do Equador as fachadas Este e Oeste são as que mais recebem radiação solar. A uma latitude de 30° a 50° Norte podemos encontrar climas temperados, onde este tipo de clima é mais abundante. Portugal situa-se numa zona mediterrânica temperada onde as temperaturas médias anuais rondam os 14,9°C<sup>15</sup>. Nesta zona a orientação solar mais favorável é a Sul, quer em de ganhos solares, quer em soluções de arrefecimento.

---

<sup>15</sup> Fonte: PORDATA, Base de dados Portugal Contemporâneo

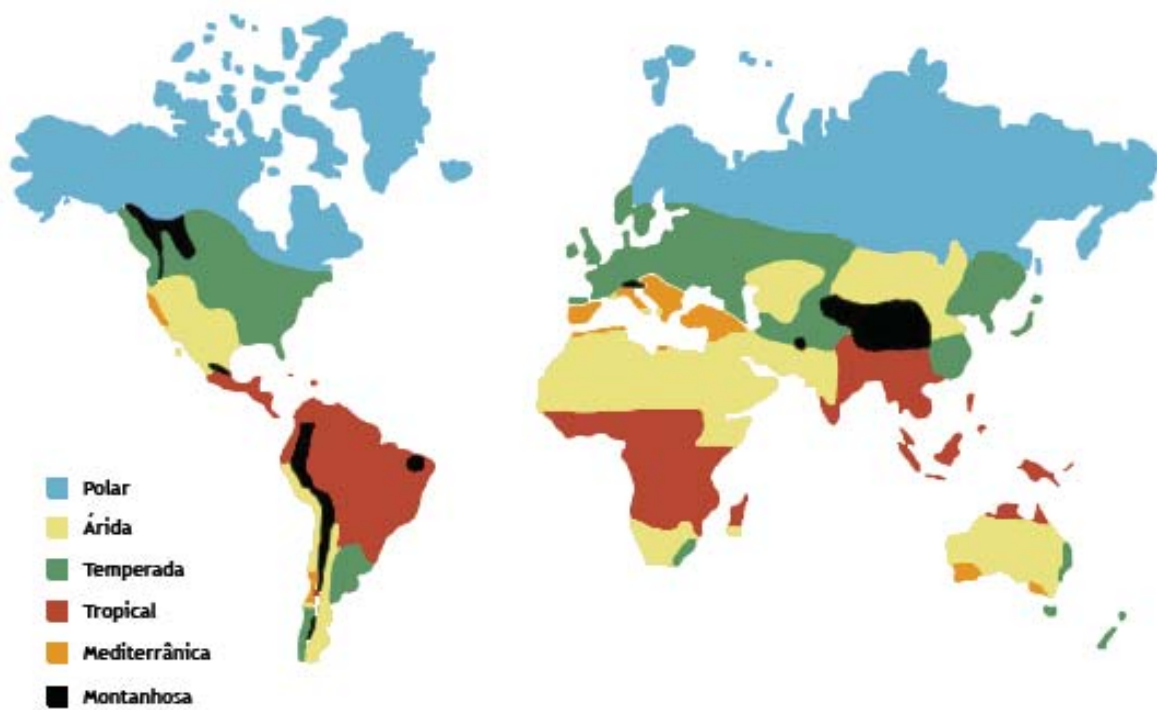


Figura 2.7 - Divisão do planeta em Regiões Climáticas

## 2.5. Projetar em Função do Clima

Para se chegar ao domínio coerente destes modos de construir foram necessárias várias gerações e a consequente troca de conhecimento entre elas. À medida que estes processos construtivos se foram desenvolvendo a habitação adquiriu um estilo com características próprias que se relacionavam com o clima e se enquadravam nele, segundo as suas características geográficas.

“A casa-pátio, residência particular dos romanos, reflete essa preocupação aplicando soluções eficazes: o sol, de Inverno e de Verão, é doseado por janelas e sombreamentos devidamente dimensionados; as funções mais privadas desenvolviam-se no edifício de dois pisos, recuado e protegido da rua, sem janelas a norte, e cuja fachada sul era revestida por trepadeiras de folha caduca, que regulavam, sazonalmente, a radiação do edifício; as funções principais desenvolviam-se no edifício próximo da rua; o pátio apresentava vegetação abundante, impedindo grandes amplitudes térmicas, e um pequeno lago com repuxo assegurava, nos dias mais quentes, a refrigeração por evaporação” (Figura 2.8)

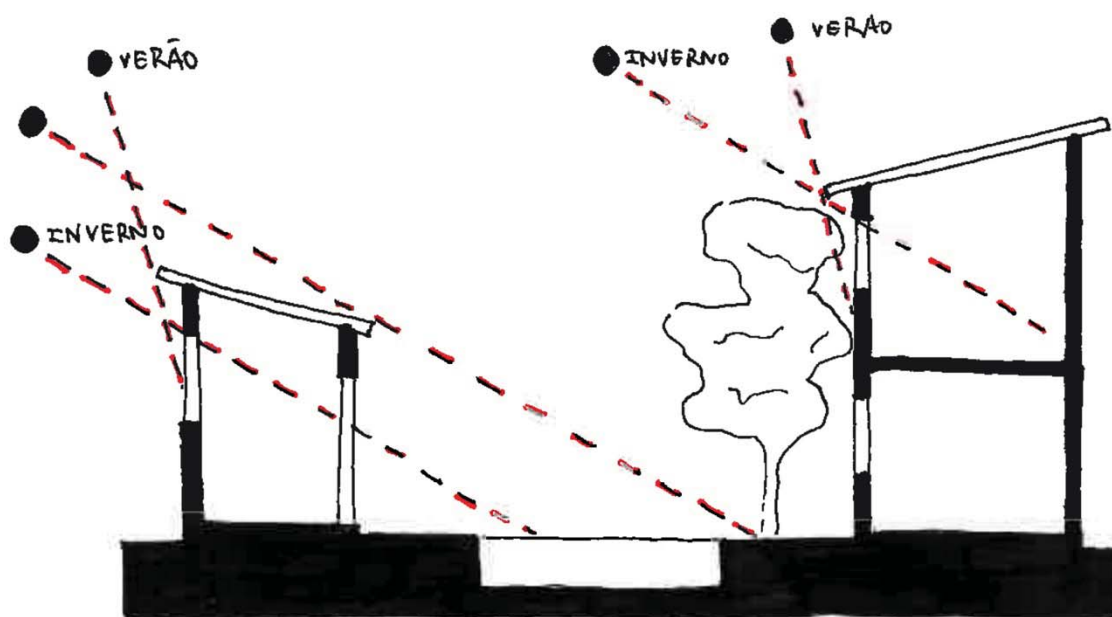


Figura 2.8 - Casa-pátio Romana

A arquitetura vernacular evoluiu bastante em função das necessidades da população. Como principal fonte de energia, o sol torna-se no elemento que mais requer atenção. Ao analisarmos as antigas construções romanas podemos verificar o quão utilizados são os princípios de arquitetura solar passiva. A minimização das superfícies orientadas a norte e a abertura de vãos para sul onde os ganhos solares são mais eficazes, a utilização de sombreamentos que impedem

o sobreaquecimento excessivo na época quente e a utilização de massas térmicas com inércia forte, são como já referidas, estratégias bioclimáticas úteis atualmente e que já eram utilizadas previamente, há várias gerações.

Esta harmonia entre a arquitetura e o meio ambiente foi quebrada no momento em que a revolução industrial e as consequentes alterações climáticas se opuseram à “linha evolutiva do conhecimento vernacular” (Fernandes, 2011).<sup>16</sup> Na segunda metade do séc. XVIII assiste-se ao virar de uma página na história que trouxe consigo alterações profundas em vários aspetos, nomeadamente a migração da população para as grandes cidades e a desertificação dos meios rurais. A industrialização proporcionou ainda o aparecimento e desenvolvimento de novos materiais de construção, como o vidro o cimento e o aço, que após serem padronizados na sua utilização homogeneizaram a construção e romperam com a identidade arquitetónica, tão específica de cada local. A prática da arquitetura tradicional é quebrada e substituída pela eufórica e crescente tecnologia da economia capitalista (Fernandes, 2011).<sup>17</sup>

Por fim, no séc. XX estas raízes tradicionais são totalmente suprimidas. Com o aparecimento da arquitetura moderna e a proliferação da ideologia de arquitetura simples e limpa, a habitação tradicional caracterizadora do local tende a cair no esquecimento.

Oscar Niemeyer afirma que “não existe arquitetura antiga ou moderna, existe arquitetura boa ou má”. Uma vez que a arquitetura moderna se pode caracterizar pela sua leveza e clareza na utilização de materiais, estes têm tendência a oferecer pouca resistência térmica. A utilização de fachadas envidraçadas, que esteticamente traduz um efeito sedutor, deve ser controlada uma vez que cria uma forte ponte térmica e torna o edifício vulnerável face às oscilações térmicas externas. Ao contrário da arquitetura vernacular, a arquitetura moderna tem tendência a utilizar sistemas de aquecimento/arrefecimento, uma vez que o tipo de construção não é adequado ao local, mas sim às tendências arquitetónicas da época. A intenção de utilizar materiais pré-fabricados como tema da dissertação e combinar isso com o conceito de arquitetura bioclimática/sustentável remete ao facto de que os pré-fabricados proporcionam um tipo de construção muito mais rápida e com bastantes soluções práticas, o que resulta em consumos mais controlados durante a fase de construção.

Outro motivo é a possibilidade de o edifício ser trasladado, readaptado ou ampliado, dependendo da necessidade do seu proprietário. Para além disso, grande parte dos materiais utilizados podem ser reciclados e reutilizados, atenuando dessa forma o impacto ambiental.

---

<sup>16</sup> FERNANDES, Jorge - O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios, p.10

<sup>17</sup> FERNANDES, Jorge - O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios, p.7-10

## 2.6. Opções construtivas

Dependendo da localização a incidência da radiação solar varia e as opções construtivas variam de igual forma. O objetivo desta secção é recolher informação acerca das estratégias bioclimáticas que melhor se enquadram com o edifício e o seu local de implantação. Em casos onde é necessário protege-lo da radiação solar, aumentar os ganhos solares e atender às necessidades de conforto térmico dos utilizadores.

Projetando em Portugal interessa saber que um vão a Sul proporciona bastantes ganhos térmicos e também beneficia a ventilação natural (Gonçalves, 2004).<sup>18</sup> As fachadas Norte, por exemplo, recebem uma quantidade reduzida de energia solar e tornam-se fachadas mais frias. Isso pode ser resolvido colocando nestas zonas compartimentos que geram o seu próprio calor como o caso da cozinha ou sala das máquinas. Estas divisões vão servir de zonas intermédias de amortecimento térmico (Figura 2.9). Por outro lado, a fachada Sul é a que recebe a maior quantidade de radiação solar e deve ser reservada aos compartimentos que mais necessitam de aquecimento, a situação dos quartos ou salas.

Tanto no início da manhã como no final da tarde, a radiação solar tem um ângulo de incidência inferior relativamente ao sol do meio dia e isso reflete-se em ganhos térmicos excessivos para ambas as fachadas Este e Oeste. Contrariamente ao sol do meio dia que se encontra mais alto, o sol nascente e poente exige outro tipo de cuidados (Heywood, 2012).<sup>19</sup> Essa diferença deve-se ao ângulo que o sol descreve em torno do edifício. Nesse sentido, é necessário conhecer o tipo de movimentações que o sol efetua ao longo do dia e ao longo do ano. Podemos obter dados dos valores diários de insulação através do auxílio de computadores, mas é frequente o acesso a estes dados através de cartas solares (Figura 2.10). Cada carta solar é feita para uma determinada latitude e indica-nos o ângulo que o sol faz com a superfície terrestre e com o eixo norte. Esta informação é importante na altura de caracterizar os sistemas passivos.

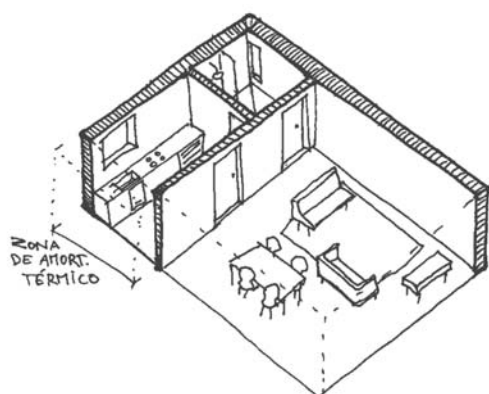


Figura 2.9 - Zonas de amortecimento térmico

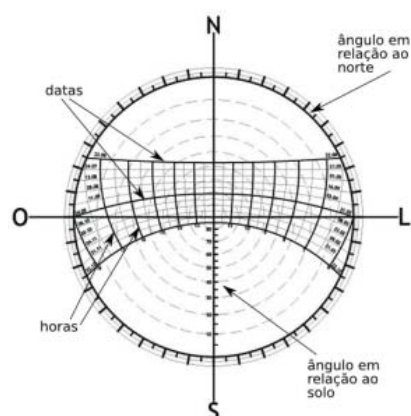


Figura 2.10 - Exemplo de Carta Solar

<sup>18</sup> GONÇALVES, Hélder- Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p. 5-9

<sup>19</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p. 63-67

Sabe-se que durante o solstício de Inverno o sol nasce a Sudeste e põe-se a Sudoeste, ou seja, tanto a altura do sol como a sua duração apresentam os valores mais baixos de todo o ano. Nos Equinócios, o sol nasce exatamente a Este e põe-se a Oeste (Figura 2.11). Já no solstício de Verão o sol nasce relativamente perto da orientação Nordeste e põe-se a Sudoeste o que permite nestes casos que a fachada norte receba uma percentagem de radiação solar (Figura 2.12).

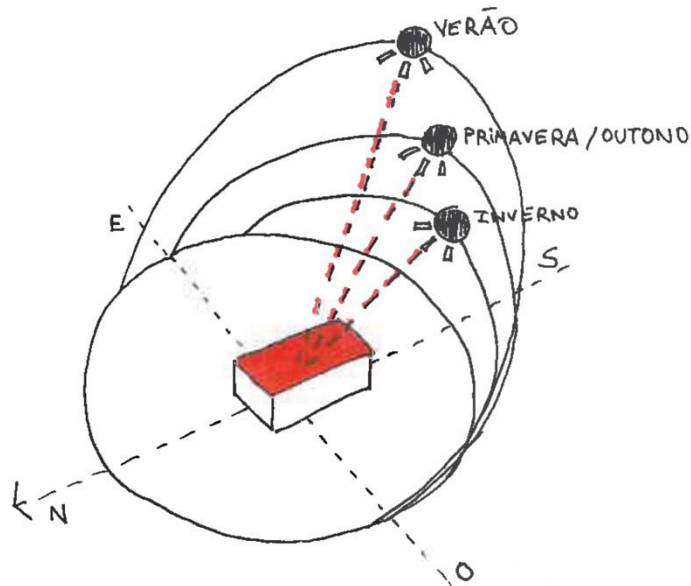


Figura 2.11 - Exemplo de geometria solar ao longo do ano

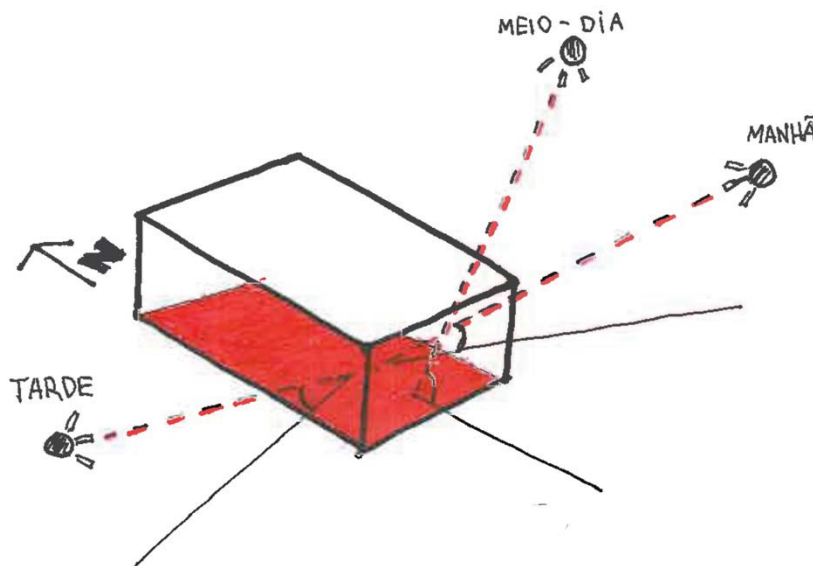


Figura 2.12 - Incidência solar no edifício ao longo do dia

## 2.7. Orientação das fachadas

### 2.7.1. Fachadas orientadas a Sul

Dependendo então da orientação das fachadas, o tipo de proteção solar varia e existem várias opções de sombreamento. Regra geral as fachadas orientadas a Sul são as que mais recebem radiação solar durante todo o ano. No Verão é bastante fácil proteger a fachada do sol e simultaneamente permitir que no Inverno capte radiação solar. O uso de sistemas solares passivos idênticos aos da Figura 2.13 permitem proteger a fachada dos ganhos solares durante a estação quente no período em que o sol está mais alto enquanto possibilita a captação de radiação solar na estação de aquecimento (Gonçalves, 2004).<sup>20</sup>

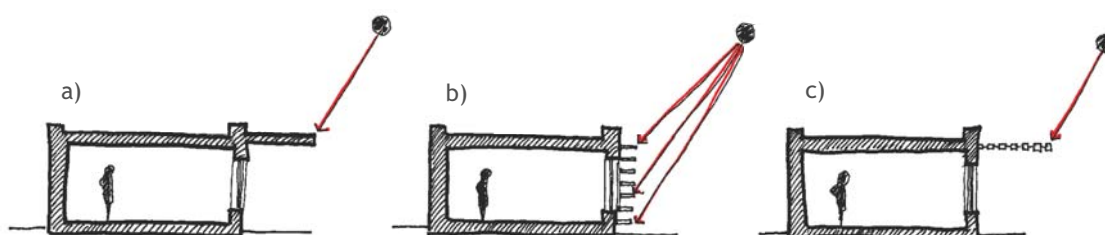


Figura 2.13 - Sistemas solares passivos em fachadas orientadas a sul:  
a) beiral amplo; b) prateleiras de luz; c) palas horizontais

### 2.7.2. Fachadas orientadas a Nascente/Poente

Durante o Inverno estas fachadas recebem sol durante pouco tempo tendo em conta que a amplitude solar nesta altura do ano é menor, ou seja, o Sol nasce próximo da orientação Sudeste e põe-se relativamente a Sudoeste. Por outro lado, durante o Verão há uma grande incidência de radiação solar durante a manhã e a tarde (durante o período da tarde especialmente no Verão registam-se as temperaturas exteriores mais elevadas do dia) por isso torna-se uma preocupação primária. De forma a atenuar esse efeito podemos utilizar por exemplo palas verticais ou jardins verticais como representado na Figura 2.14.

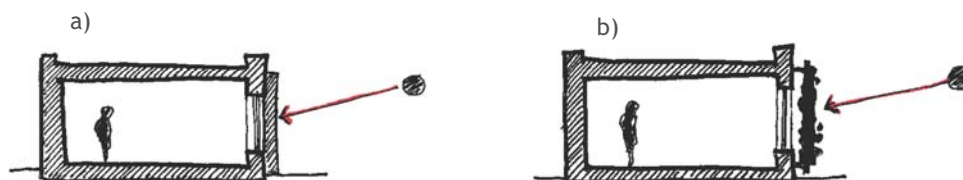


Figura 2.14 - Sistemas solares passivos em fachadas orientadas a Nascente e Poente:  
a) palas verticais; b) jardim vertical

<sup>20</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.10-13

### 2.7.3. Equinócio de Primavera e Outono

Tanto o equinócio de Primavera como o de Outono apresentam a mesma geometria solar. No entanto, como já referido, é mais propício o aquecimento interior durante a Primavera do que na estação de Outono, uma vez que a Primavera é uma estação de aquecimento e o Outono uma estação de arrefecimento. Na Figura 2.15 apresenta-se uma solução composta por palas horizontais com vegetação sazonal, versátil para este tipo de situação. Durante a Primavera a vegetação permite a passagem da radiação solar e reduz a quantidade da mesma no Outono.

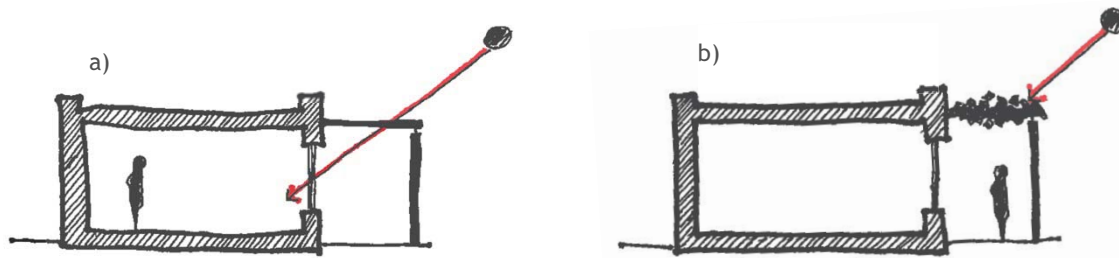


Figura 2.15 - Sistema solar passivo em fachada orientada a Sul durante os equinócios.  
a) Primavera; b) Verão

## 2.8. A Energia e o Ambiente Interno

Evidentemente a atual tendência construtiva coloca os edifícios modernos num patamar que vai muitas vezes contra as características naturais do local e exigem um esforço energético adicional para se adaptar às condições climáticas externas. Nos países mais desenvolvidos predomina uma sociedade de hábitos internos que passa cerca de 90% do tempo dentro de edifícios, o que implica que estes se adequem às necessidades do Homem (Baker, 2013).<sup>21</sup> Para contrariar esta tendência destrutiva e seguir um percurso energeticamente consciente podemos utilizar técnicas rudimentares tal como na arquitetura vernacular e alia-las às novas evoluções tecnológicas, melhorando assim a sua eficiência.

Uma vez que os principais consumos energéticos durante a vida útil de uma habitação são causados por equipamentos de aquecimento e arrefecimento, esta deve ser uma das principais preocupações na conceção da habitação. A massa termoacumuladora é uma característica que permite controlar a temperatura interior. Este fator permite, por exemplo, acumular o calor produzido durante o dia e libertá-lo durante a noite quando as temperaturas tendem a baixar (Gonçalves, 2004).<sup>22</sup>

<sup>21</sup> EPA´s Green Building Workgroup - Buildings and Their Impact on the Environment: A Statistical Summary, p.4

<sup>22</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.9

Para além disso, a utilização de compartimentos que produzem o seu próprio calor como zona de amortecimento térmico, pode ser um sistema de aquecimento passivo. Esse calor é produzido pelos equipamentos, pelas pessoas e pode, uma vez que o ar quente tendencialmente procura o ar frio, propagar-se para os restantes compartimentos de menor utilização. A mesma dinâmica térmica pode ser utilizada para arrefecimento (Figura 2.16) (Heywood, 2012).<sup>23</sup>

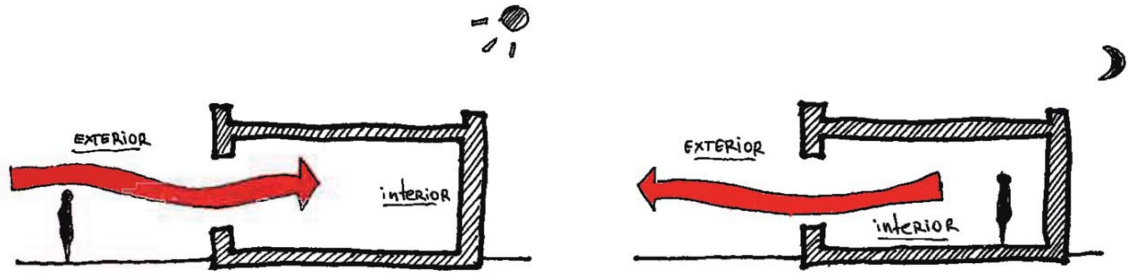


Figura 2.16 - Tendência de movimento do ar quente (diurna e noturna)

<sup>23</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p.126-127

## 2.9. Estratégias para diferentes zonas climáticas

A Arquitetura existe desde que o Homem teve a necessidade de construir abrigo para se proteger das condições exteriores adversas. Desde então e ainda que sem qualquer tipo de conhecimento teórico do que eram conceitos de energia térmica, o Homem adquiriu, através da experiência, “noções da relação entre o clima, a forma, o material de construção e o bem-estar físico.” (Fernandes, 2011)<sup>24</sup> “O conforto é variável e a sua interpretação pode ser feita de modo distinto por diferentes pessoas, conforme a região climática. Lembro-me que os meus professores não usavam o termo zona de conforto. Eles utilizavam a expressão zona de ausência de desconforto, porque o objetivo é explorar as condições nas quais a maioria das pessoas não se sentiria desconfortável” (Heywood, 2012).

### 2.9.1 Zonas Climáticas

Em Portugal foram estabelecidas três zonas climáticas de Inverno e três de Verão para a aplicação de requisitos de qualidade térmica da envolvente e cuja nomenclatura se define por:

- I1, I2 e I3 para as zonas climáticas de Inverno;
- V1, V2 e V3 para as zonas climáticas de Verão;

As zonas climáticas de Inverno são definidas com base no número de GD (graus-dias), correspondente à estação de aquecimento, conforme a Tabela 2.1.

As zonas climáticas de Verão são definidas a partir da temperatura média exterior, correspondente à estação convencional de arrefecimento ( $\theta_{ext, v}$ ), conforme a Tabela 2.2.

Alguns conceitos a reter, que se verificam de bastante importância para a análise e compreensão das secções seguintes:

- **Amplitude Térmica:** é a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registradas num determinado período de tempo. É a diferença entre a temperatura média do mês mais quente e a temperatura média do mês mais frio.
- **Condução Térmica:** fenómeno de transferência térmica causado pela diferença de temperatura entre duas regiões adjacentes ou entre dois meios em contato no qual não se percebe o movimento global da matéria à escala macroscópica.
- **Arrefecimento Evaporativo:** acontece quando algum meio ou produto cede calor para que a água evapore, resultando numa corrente de ar mais fresca à saída do refrigerador.
- **Inércia Térmica:** A inércia térmica de um edifício é a sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no seu interior, ou seja, de reduzir a transferência ou transmissão de calor.

---

<sup>24</sup> FERNANDES, Jorge - O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios, p. 7

Tabela 2.1 - Critérios para a determinação das zonas climáticas de Inverno

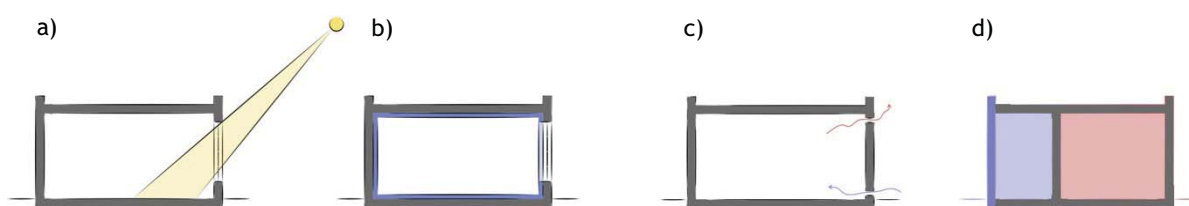
Zona	I1	I2	I3
Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$

Tabela 2.2 - Critérios para a determinação das zonas climáticas de Verão

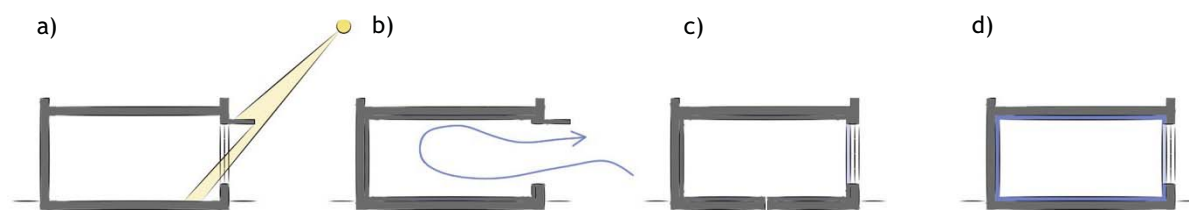
Zona	V1	V2	V3
Critério	$\theta_{\text{ext}, v} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext}, v} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{ext}, v} > 22^{\circ}\text{C}$

## 2.9.2. Clima Ameno

Numa região com clima ameno, todos os ganhos térmicos são benéficos na orientação da fachada Sul. Deverão também ser projetadas paredes exteriores com uma forte inércia térmica e massa termoacumuladora. O isolamento pretende-se que seja colocado pelo exterior de forma a tirar o melhor proveito da inércia térmica das vedações exteriores. Como o objetivo é a redução das necessidades de energia para aquecimento aconselha-se a utilização de compartimentos de amortecimento térmico, localizados na fachada mais fria. Durante o Verão, apesar da amplitude térmica ser baixa é necessário proteger as fachadas da radiação solar através do uso de sistemas de sombreamento e ao mesmo tempo promover a ventilação natural noturna (Figuras 2.17 e 2.18). Em Portugal encontramos zonas com clima ameno principalmente no litoral: Águeda, Albergaria, Aveiro, Bombarral, Caldas da Rainha, Figueira da Foz, Ílhavo, Ovar, Oeiras, Sintra, etc.



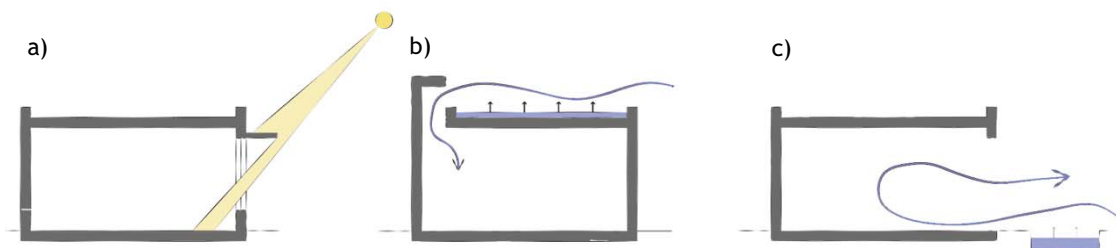
**Figura 2.17 - Estratégias solares passivas de Inverno:**  
 a) ganhos diretos; b) paredes com inércia térmica forte e massa termoacumuladora;  
 c) sistemas de circulação de ar; d) compartimentos de amortecimento térmico;



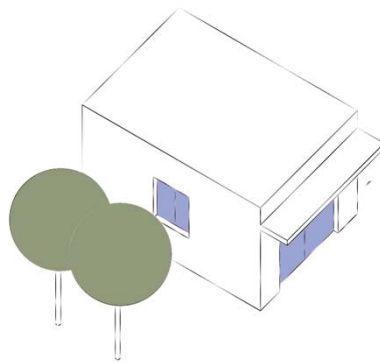
**Figura 2.18 - Estratégias solares passivas de Verão:**  
 a) sistemas de sombreamento; b) promoção de ventilação natural noturna;  
 c) arrefecimento por tubos; d) paredes com inércia térmica forte e massa termoacumuladora;

### 2.9.3. Clima Quente

Nas regiões mais quentes caracterizadas por temperaturas elevadas durante grande parte do ano. O Verão merece especial atenção, por isso é importante a utilização de sombreamentos na fachada Sul através de palas horizontais ou qualquer outro tipo de proteção (Figura 2.19 a). Na fachada Oeste é aconselhável utilizar, se possível, vegetação adequada evitando assim o sobreaquecimento no final do dia. Uma alternativa eficaz para ventilação noturna pode ser o uso de torres de ventilação na cobertura combinados com coberturas de água (este procedimento favorece o arrefecimento evaporativo (Figura 2.19 b).<sup>25</sup> Analisando as construções tradicionais destas zonas, podemos à primeira vista concluir que é benéfico o uso de cores claras nas paredes exteriores como forma de refletir a radiação solar. (Figura 2.20). Em Portugal, zonas como Alcácer-do-Sal, Beja, Cartaxo, Elvas, Estremoz, Évora, Mértola, Santarém, etc.



**Figura 2.19 - Estratégias passivas de Verão:**  
 a) sistemas de sombreamento; b) torre de ventilação e cobertura de água;  
 c) espelhos de água/ refrigeração passiva;



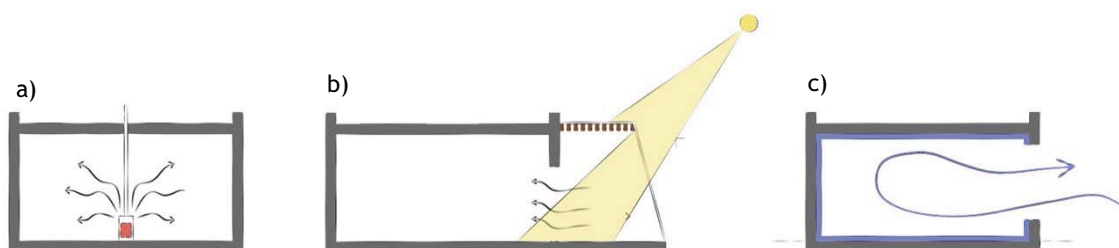
**Figura 2.20 - Estratégias passivas de Verão: Utilização de cores claras e sombreamento por vegetação na fachada Oeste.**

<sup>25</sup> Esta técnica deve ser constantemente acompanhada pelo arquiteto durante toda a sua execução para evitar infiltrações e conseqüentemente um mau desempenho da técnica.

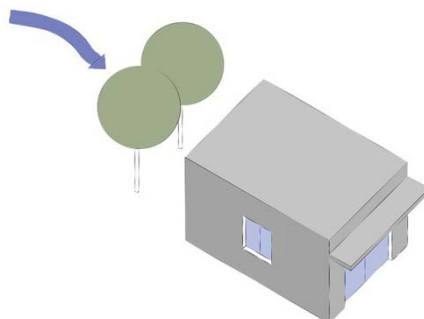
### 2.9.4. Clima Frio

Nas regiões de clima frio, o principal foco é a redução da necessidade de energia para aquecimento durante a estação fria. Mais do que nas zonas amenas, as edificações construídas em zonas frias carecem de vestíbulos de amortecimento térmico, localizados sempre na fachada mais desfavorecida no que diz respeito a ganhos solares. É também de extrema importância que sejam utilizados materiais com boa qualidade e capacidade de isolamento, de forma a reduzir as perdas térmicas para o exterior. Além disso, é conveniente utilizar-se vegetação de maneira a reduzir o impacto dos ventos frios nas fachadas e consequentemente o arrefecimento. A utilização de materiais com alta capacidade de isolamento e muita massa termoacumuladora exigem que no Verão haja ventilação eficaz evitando o sobreaquecimento. (Heywood, 2012) <sup>26</sup> Podemos encontrar em Portugal zonas com este tipo de clima: Botica, Celorico da Beira, Guarda, Manteiga, Montalegre, etc.

Uma estratégia viável nestas condições pode ser a utilização de estufas anexas às fachadas mais beneficiadas (Figura 2.21 b) e com o tipo de sombreamento adequado. Ao contrário do que se pratica em climas quentes, devem ser utilizadas cores escuras que permitam absorver em maior abundância a radiação solar (Figura 2.22). No interior, a utilização de sistemas de aquecimento como uma salamandra, por exemplo, elimina uma percentagem significativa de energia fóssil que eventualmente possa ser utilizada (Gonçalves, 2004). <sup>27</sup>



**Figura 2.21- Estratégias passivas para climas frios:**  
 a) salamandra em zona central; b) estufa anexa à fachada mais beneficiada;  
 c) forte inércia térmica e ventilação



**Figura 2.22 - Uso de vegetação como quebra-vento e fachadas de cor escura**

<sup>26</sup> HEYWOOD, Huw - 101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture, p.184-185

<sup>27</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.25-27

## 2.10. O diagrama de Behling

O diagrama de Behling (Figura 2.23) questiona o progresso do sistema aditivo como suporte da sustentabilidade e é representado por dois triângulos - presente e futuro. A alternativa apresentada pelo diagrama aconselha a existência de uma sustentabilidade baseada em sistemas ativos, sistemas passivos e forma arquitetónica. A adição de mais um triângulo que representa o Passado, ajuda a vincar a definição de futuro sustentável. Nesta definição pretende-se que a tradição integre a modernidade e nesse sentido, este sistema visa a utilização de materiais tecnologicamente mais desenvolvidos juntamente com os conceitos tradicionais da arquitetura.<sup>28</sup> A sustentabilidade visa a adaptação às necessidades atuais, sem comprometer as gerações futuras. A ideia será utilizar corretamente as tecnologias ao nosso dispor de forma a existir um fio condutor que possibilite a adaptação das próximas gerações. Partindo desta premissa, seria um erro abdicar-se completamente dos avanços tecnológicos, quando o objetivo é criar um edifício/sociedade energeticamente eficiente.

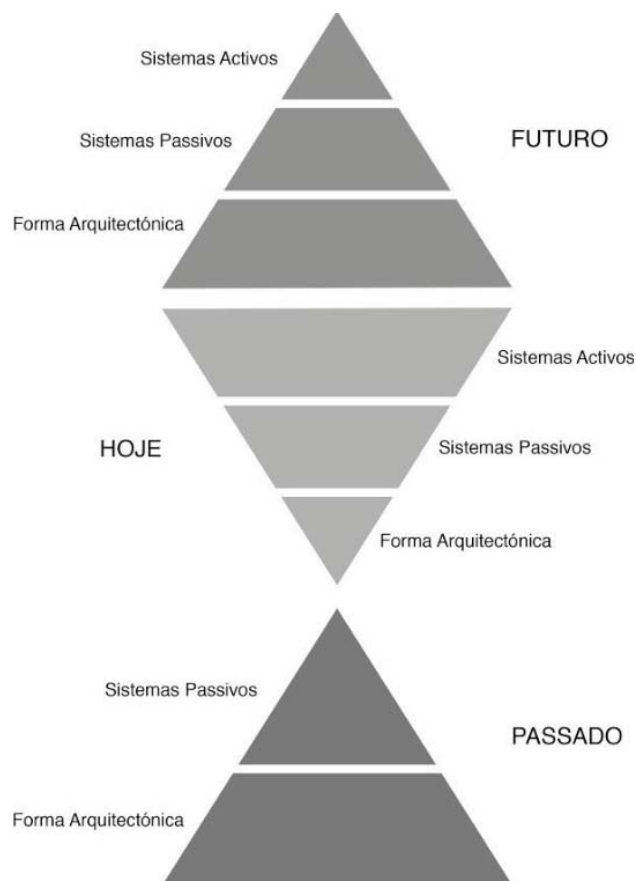


Figura 2.23 - Diagrama de Behling

<sup>28</sup> FERNANDES, Paulo et. al - Princípios de Sustentabilidade na Arquitetura Vernacular em Portugal, p. 6

### 3. PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO

*“O progresso é impossível sem mudança e aqueles que não conseguem mudar as suas mentes não conseguem mudar nada.”*

***George Bernard Shaw***

## 3.1. Importância do tema

O processo de industrialização trouxe mudanças significativas no modo de vida e na mentalidade da população. Foi acompanhado por constantes avanços tecnológicos que fundamentaram o modo construtivo dos dias de hoje. Contudo também tiveram um impacto negativo no ambiente devido à utilização dos combustíveis fósseis e a consequente poluição ambiental. Interessa aqui estudar o que foi a Revolução Industrial, onde surgiu, como se propagou por quase todo o mundo e quais foram os impactos positivos/negativos que trouxe consigo. É essencialmente uma contextualização histórica para o tema da dissertação.

## 3.2. A Revolução Industrial

A segunda metade do Séc. XVIII foi para Inglaterra, país berço da revolução industrial, um período de intensa prosperidade económica. Desenvolveram-se essencialmente os setores agrícolas e industriais chegando estes progressos mais tarde à banca e ao comércio.

A classe burguesa tinha vindo a crescer ao longo dos anos, em parte devido às vitórias militares e ao crescente império colonial, portanto possuíam quantias confortáveis de capital que lhes proporcionava capacidade financeira para novos investimentos (Braudel, 1992).<sup>29</sup>

Na economia o setor chave era a agricultura. Em Norfolk (leste de Inglaterra) iniciou-se um processo de renovação agrícola profundo no qual a prática do pousio - caracterizada pelo repouso de cerca de um terço de solo areável por ano - foi substituída e assim foram aperfeiçoados os sistemas de rotação de culturas. Esta prática permitia o aproveitamento integral do terreno e possibilitava a articulação da agricultura com a criação de gado.<sup>30</sup>

Esta forma melhorada de cultivo permitiu que em 1800 o Reino Unido apresentasse a maior taxa de produtividade agrícola da Europa, seguindo-se a França, Espanha e Bélgica, respetivamente. Após a renovação, a produtividade agrícola cresceu exponencialmente e os recursos alimentares eram abundantes, o que impulsionou o aumento da qualidade de vida. Esta medida por outro lado levou a que grande parte dos burgueses se apoderassem de terrenos privados, originando a expropriação de pequenos agricultores que por não terem capacidade de competir com as grandes herdades se viam obrigados a ceder os seus terrenos. Esse processo de expropriação deixou ao dispor uma grande quantidade de mão de obra, composta pelos mesmo camponeses que haviam cedido as terras e que foram desviados para sectores agrícolas ou industriais.

---

<sup>29</sup> HOBBSBAWM, Eric - A Era das Revoluções, p.41

<sup>30</sup> “Este aumento de produtividade, deve-se a um novo método, a rotação quadrienal das culturas, que substitui o afolhamento trienal. Com a rotação quadrienal, dispensa-se o pousio, concilia-se na mesma terra o cultivo dos cereais com o das pastagens ou forragens, para a criação de gado.” Cit. por ALMEIDA, Fernando - A Revolução e o arranque Agrícola Industrial [online] [Consul. a 29 Abril de 2016] Disponível em: WWW: <URL: <http://ciclo.blogs.sapo.pt/3386.html> >.

A prosperidade económica e agrícola do país, a abundância de postos de trabalho e a subsistência alimentar impulsionaram o desenvolvimento demográfico. A taxa de natalidade aumentou e a taxa de mortalidade diminuiu. Entre 1750 e 1850 o número de habitantes nas cidades triplicou e formaram-se grandes concentrações populacionais nos grandes centros urbanos, uma vez que estes alojavam melhores condições de trabalho e possuíam bairros para alojamento dos operários (Figura 3.1). Enquanto o resto da Europa se desenvolvia a um ritmo lento, Inglaterra já esboçava uma nova configuração geográfica que marcava o início da industrialização (Hobsbawm, 1962).<sup>31</sup>



Figura 3.1 - Bairro Operário em Londres (ilustração)

---

<sup>31</sup> HOBBSAWM, Eric - A Era das Revoluções, p.39-44

### 3.2.1. O arranque industrial

Juntamente com a concentração populacional nos grandes centros urbanos surgiu um conjunto de transformações tecnológicas e económicas, que permitiram às indústrias terem um crescimento espontâneo. Os avanços agrícolas, o alargamento de mercados (Inglaterra ampliou as suas rotas comerciais nas colónias da América do Sul, África e Oriente ao mesmo tempo que praticava uma política de mercado interno livre, sem a existência de taxas alfandegárias) e principalmente os avanços tecnológicos fizeram parte do processo de transformação.

A evolução da máquina a vapor inventada por Thomas Newcomen em 1708 e posteriormente adaptada por James Watt, é o símbolo da 1ª Revolução Industrial.

A possibilidade da aplicação da energia gerada pelo vapor na indústria têxtil melhorou os métodos de produção. O que anteriormente era realizado pelo artesão, foi substituído por máquinas que desempenhavam mais rapidamente o trabalho e aumentavam o fator produtivo. Por exemplo, em 1780 a indústria têxtil produzia em Inglaterra cerca de 5 milhões de libras (1 libra= 453 gramas ) de algodão bruto por ano e em 1820 esse valor aumentou para 100 milhões graças à aplicação das máquinas a vapor. Inglaterra sofre uma metamorfose no sector industrial e em quase toda a parte a manufatura dá lugar à maquinofatura modificando e inovando a sociedade tradicional. A aplicação de máquinas a vapor e carvão mineral generalizou-se, a facilidade de produção era cada vez mais vincada e o número total de peças aumentava exponencialmente de ano para ano.

### 3.2.2 Inovações tecnológicas

A sociedade ocidental estava a mostrar vários progressos tecnológicos e alguns deles revolucionaram completamente o mundo moderno como é o caso da eletricidade, o telégrafo, os telefones e os automóveis. Na construção, os materiais tornaram-se bastante acessíveis, tanto na variedade como no custo. Surge a arquitetura do ferro e do vidro, característica da época industrial. A facilidade no transporte de materiais pré-fabricados e a globalização da produção e consumo permitiram a utilização de materiais provenientes de outras regiões.

Serve de exemplo o Palácio de Cristal de Londres (Figuras 3.2, 3.3 e 3.4) onde os materiais foram produzidos em Birmingham e posteriormente transportados de comboio até ao local de construção. As produções das chapas de vidro laminado por sua vez foram produzidas em França (Leitão, 1994).<sup>32</sup> A necessidade de movimentar mercadorias de uma forma rápida e barata tornou-se primária e essencial ao funcionamento da economia. O aparecimento do caminho de ferro permitiu que o transporte terrestre de mercadorias fosse exponencialmente mais rápido e diariamente eram transportadas toneladas de mercadorias e matéria prima para diferentes locais de produção num curto espaço de tempo.

---

<sup>32</sup> LEITÃO, Nicolau Andersen - Exposições Universais Londres 1851, p. 37-42



Figura 3.2 - Palácio de Cristal, Londres - 1851



Figura 3.3 - Palácio de Cristal (interior), Londres - 1851



Figura 3.4 - Palácio de Cristal (interior), Londres - 1851

“A inovação tecnológica é um processo que tende a acelerar-se” (Ashton, 1961).<sup>33</sup> Simultaneamente ampliava-se o número de caminhos de ferro. A densidade da rede ferroviária refletia o grau de industrialização do país e a respetiva concentração populacional. Podemos observar na Figura 3.5 que em 1896 Inglaterra possuía a maior concentração de rede ferroviária de toda a Europa, seguida pela Bélgica, Alemanha e França. O impacto do caminho de ferro foi notável, uma vez que não se limitava apenas ao transporte de pessoas. À medida que a rede ferroviária se expandiu o transporte de mercadorias por terra, que até aquela altura era muito prolongado, torna-se simples. A rapidez e o baixo custo eram os dois fatores essenciais para a prosperidade no mercado económico numa altura em que as empresas se tornavam cada vez mais competitivas. A qualidade do produto para além das restantes exigências era tida em conta e então surgiu a necessidade de novas estratégias de mercado, que diferenciassem o produto, tornando-o mais barato ou de melhor qualidade.

Neste contexto, Frederick Taylor elabora uma série de princípios que visam a maximização e rentabilização dos recursos disponíveis. O seu objetivo era a correlação harmoniosa e eficiente entre o homem a máquina na execução de uma determinada função. Conhecido como Taylorismo, este movimento pretendia agrupar operários experientes, cronometrar o tempo que cada um utiliza para realizar uma tarefa e de seguida eliminar todos os movimentos mal conseguidos, substituindo-os por uma sequência mais rápida e eficaz. Em contrapartida, o processo produtivo alienava completamente o operário e resultava na repetição exaustiva de ações por parte do ser humano que produzia uma quantidade massiva de objetos iguais (Ramos, 1990).<sup>34</sup>

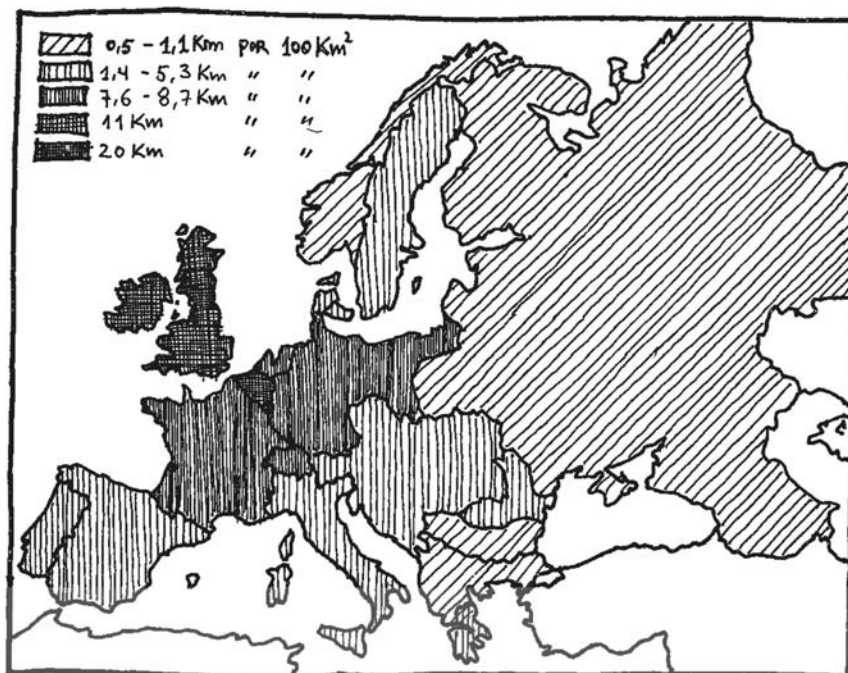


Figura 3.5 - Densidade da rede ferroviária no Séc. XIX

<sup>33</sup> O Arranque Industrial - A Revolução Industrial [artigo, online]

<sup>34</sup> TAYLOR, Frederick, RAMOS, Artindo Vieira (trad.) - The Principles of Scientific Management, p. 86-87

### 3.3. A Standardização e o Modelo Fordista

O modelo Fordista surgiu em 1914 e trata-se de uma forma de produção industrial capitalista que se baseava num conjunto de inovações técnicas e novos métodos organizacionais. Está associado à produção automóvel, mas influenciou inúmeros sistemas de produção. Um dos objetivos desta ideologia capitalista é a produção em massa, precedida por um consumo igualmente em massa. Este sistema demonstrou a possibilidade de padronização da produção e o baixo custo do produto final através da instalação de linhas de montagem nas fábricas, conhecidas como “linhas de montagem em esteira”.

O modelo Fordista passa pela aplicação prática das teorias Tayloristas. Henry Ford introduziu na sua fábrica uma linha de montagem em esteira, cujo objetivo era fazer com que as peças fossem de encontro com o operário, através de tapetes rolantes (Figura 3.6), evitando assim o tempo desperdiçado pelo operário na sua deslocação e no transporte da peça. Surge o conceito de standardização onde no processo de produção são concebidas igualmente uma série de peças e todas elas recebem um tratamento uniforme. Os princípios da linha de montagem (Figura 3.7) são os seguintes:

- Colocar os utensílios e o homem segundo a ordem das operações de fabrico, de maneira a que cada peça percorra a menor distancia possível da primeira à ultima operação.
- Empregar tapetes rolantes ou qualquer outro aparelho de transmissão concebido de tal maneira que, quando um operário termina a sua operação, a peça caia sempre no mesmo sítio.

“Este modelo (...) tinha como característica essencial a simplicidade. As peças poderiam ser fabricadas a um preço tão baixo que ficaria muito mais barato comprar peças novas do que mandar repara as velhas” (Ford, 1923).<sup>35</sup>

Com o passar do tempo e os melhoramentos na linha de produção o tempo de produção do automóvel reduziu para cerca de uma hora e meia quando inicialmente demorava doze horas. O custo final também reduziu para cerca de um terço. A busca pela simplicidade e a vontade de tornar o automóvel um veículo de produção em massa, aliados novamente ao baixo custo de produção tornaram o Ford Model T (Figura 3.8) no carro mais vendido nos Estados Unidos.<sup>36</sup> De salientar que inicialmente as estimativas sobre a procura rondavam as 500.000 unidades, contudo este marco foi superado. Henry Ford mudou uma geração, mudou radicalmente a indústria automóvel e todo o seu progresso futuro. A ideia de que o automóvel era uma extravagancia utópica, tornou-se uma realidade próxima de todos.<sup>37</sup>

---

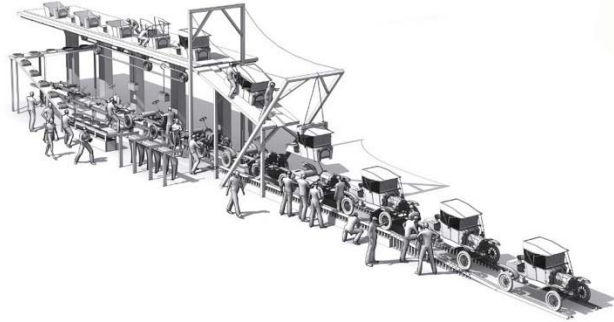
<sup>35</sup> FORD, Henry - My Life and Work, p.16

<sup>36</sup> Cerca de 15 milhões de Americanos conduziam um Ford.

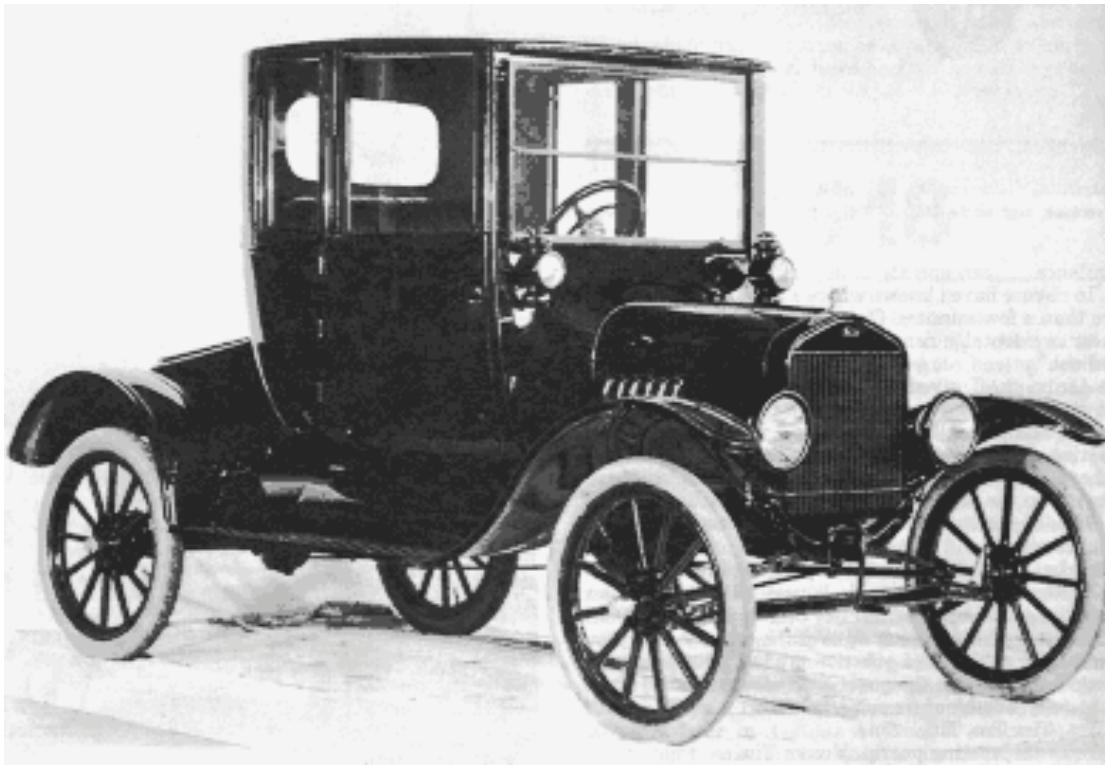
<sup>37</sup> “Se na altura tivesse perguntado às pessoas o que elas queriam, ter-me-iam respondido: cavalos mais rápidos.” (Ford, 1923)



**Figura 3.6** - Operários a executarem uma determinada tarefa no processo de montagem



**Figura 3.7** - Ilustração conceptual da linha de montagem do Ford Model T



**Figura 3.8** - Ford Model T, criado por Henry Ford na década de 1920

### 3.4. Emissão de poluentes na indústria

A indústria acelerou a um ritmo frenético e estas mudanças não só marcaram um período de progresso, mas também um período de mudança de hábitos que redesenhou a história da humanidade. A produção de carvão refinado aumentou juntamente com a indústria têxtil e a produção do ferro. Os meios de transporte responsáveis por uma expansão de mercados e que maioritariamente utilizavam o carvão como combustível, representavam também uma dualidade evolutiva/regressiva. Mas a realidade presente na energia gerada pelas máquinas substituir o trabalho do homem era bastante lucrativa, e por isso não eram sequer considerados os impactos que este tipo de economia podia provocar, em parte por não terem consequências imediatas e também por gerarem bastantes lucros (Casper, 2010).<sup>38</sup>

À medida que as massas populacionais se concentravam, observava-se um crescimento demográfico de quase 400% entre 1750 e 1950, o que aliada à libertação de gases pelas fábricas contribuiu para uma ascensão na poluição do ar. Podemos verificar em exemplos como o nevoeiro de Londres<sup>39</sup> (Figura 3.9), os efeitos colaterais no ar provenientes da queima de combustíveis, tanto na indústria como no aquecimento dos edifícios.

Cerca de 85% da produção mundial de energia tem origem na combustão fóssil e é sobretudo consumida por veículos, edifícios e outros equipamentos e é convertida em energia elétrica com o auxílio de geradores. Durante o processo de combustão são libertados para a atmosfera diariamente gases como o dióxido de carbono, metano, óxido nítrico e ozono que contribuem para o aquecimento global. Urge cada vez mais a utilização generalizada de energias alternativas, tais como energia eólica, solar e geotérmica (Heubner, 2009).<sup>40</sup> É necessário reduzir as emissões excessivas de CO<sub>2</sub> de forma a conter estes efeitos e optar por uma política de proteção ambiental, de utilização de recursos naturais e energias renováveis. Uma revisão destas práticas é essencial para nós enquanto arquitetos de forma a contrariar este processo autodestrutivo e “chamar a nós mesmos a responsabilidade pela construção do futuro. (...) por mais que muitos tenham os olhos voltados apenas para o progresso acelerado, sem dar importância às devastações deixadas pelo caminho” (Van Lengen, 2010).<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> CASPER, Julie Kerr - Fossil Fuels and Pollution - The Future of Air Quality, p.2-25

<sup>39</sup> O Nevoeiro de Londres de 1952 foi um período de elevada poluição atmosférica. Aconteceu entre os dias 5 e 9 de Dezembro e encobriu a cidade de Londres com uma densa camada de fumo negro. Foi um dos principais impactos ambientais e um dos mais intensos de sempre até então. A causa foi essencialmente a queima de combustíveis na indústria e na calefação das habitações. A população londrina presenciou uma descida de temperaturas pouco usual mesmo para o Inverno.

A acumulação de poluentes deve-se a uma inversão térmica, causada pela densa massa de ar frio que impedia o ar de circular. Para além disso o carvão utilizado nesta altura do pós-Guerra era de baixa qualidade devido à resseção económica, e continha valores muito elevados de enxofre. A partir deste acontecimento, surgiram uma série de normas reguladoras que tinham em conta o ambiente.

<sup>40</sup> HUEBNER, Kalle - 2000 Watt Society [artigo, online]

<sup>41</sup> VAN LENGEN, Johan - Manual do Arquitecto Descalço, p.5



**Figura 3.9** - Imagem de um agente londrino durante o Nevoeiro de Londres, 1952

### 3.5. Reflexos da pré-fabricação na construção

A industrialização surge como reflexo da evolução mecânica das ferramentas e da maquinaria para a produção de bens. O termo “pré-fabricação” indica um sistema de construção de um conjunto (casa, navio, etc.) com elementos standardizados, fabricados antecipadamente e reunidos segundo um plano pré-estabelecido. Uma construção pré-fabricada não tem, necessariamente, de ser ou parecer diferente de outra construída pelos métodos tradicionais nem tem de ser esteticamente ou estruturalmente melhor ou pior.

O ponto de destaque do tipo de construção pré-fabricada reside no faseamento das seguintes etapas:

- Divisão da estrutura e sistemas, subsistemas e elementos de menor dimensão;
- Fabrico dos elementos num local externo à obra;
- Transporte dos elementos construtivos e montagem no local;
- Conexão dos vários componentes conforme o projeto de execução;
- Garantia final de conforto, segurança e eficiência energética de acordo com a regulamentação em vigor;

A certa altura, com o avanço tecnológico inerente à revolução industrial, surgiu a possibilidade de serem aplicados métodos construtivos mais eficazes que reduzissem o tempo e o custo da construção. Tal como o modelo Fordista, a ideologia de produção em série na construção tomou uma posição de destaque, sobretudo durante o Séc. XX, após a 1ª Guerra Mundial, com a necessidade de reconstrução das várias cidades danificadas. Surge então a designação “*Modern Methods of Construction*” que consiste em procedimentos de promoção de metodologias de gestão, que visem a criação de produtos de melhor qualidade num menor espaço de tempo. Em suma, são procedimentos que contribuem para um maior desempenho da indústria e da construção (Costa, 2013).<sup>42</sup> Já desde o Séc. XVII que em Inglaterra são concebidos sistemas pré-fabricados em madeira, em pequenas habitações maioritariamente piscatórias, no entanto a grande expansão foi verdadeiramente no Séc. XX. A necessidade de reconstrução das cidades destruídas fez com que a procura ultrapassasse a quantidade de produção (quando adotados os métodos de construção tradicionais).<sup>43</sup> Os métodos tradicionais eram demorados e exigiam matéria prima e mão de obra que na época se via escassa devido aos factos recentes da guerra.

Assim, foram criadas as condições ideais para a proliferação dos sistemas construtivos pré-fabricados. A aderência destes métodos, apesar de tudo, teve fatores limitadores. A principal razão foi a dificuldade no esclarecimento adequado das suas mais valias, quer a nível económico, construtivo e ambiental, razão pela qual ainda não foram totalmente introduzidos.

---

<sup>42</sup> COSTA, Joana - Construção Pré-Fabricada - Análise da utilização da pré-fabricação nas várias etapas do processo construtivo, p.11-12

<sup>43</sup> Entende-se por métodos de construção tradicionais os sistemas construtivos em alvenaria.

Podemos associar a construção pré-fabricada à imagem e à forma arquitetónica uniformizada e reproduzível múltiplas vezes em locais distintos uma vez que a base construtiva se mantém a mesma, assim com os materiais e os métodos de aplicação dos mesmos.

### 3.6. A Revolução “Verde”

Após a independência, a Índia deparou-se com um aumento exponencial da sua população e como consequência desse crescimento surgiu uma enorme dificuldade em produzir recursos alimentares suficientes uma vez que a tecnologia agrícola era na altura pouco desenvolvida. O alimento tinha de ser importado a preços altos de forma a satisfazer as necessidades da população. Norman Borlaug surgiu com a ideia de acabar com a crise alimentar e decidiu tornar a Índia num dos principais países líderes na agricultura. Esta foi a primeira grande revolução verde e influenciou o desenvolvimento de vários métodos de produção agrícola essenciais ao desenvolvimento populacional.

Sendo atualmente o consumo energético e as emissões de CO<sub>2</sub> um dos maiores problemas ambientais e sociais, o ativismo de Borlaug renasce na mentalidade de arquitetos e designers cujo objetivo é gerar eficiência energética e reduzir os desperdícios. Segundo um artigo de Nicholas Stern, autor de “Stern Review on Economics of Climate” e de “Time for a Green Industrial Revolution”, estamos na altura ideal para tirar proveito dos avanços tecnológicos capazes de auxiliar o crescimento sustentável e o desenvolvimento de uma economia de baixo consumo energético. Várias diretivas mundiais estão a tentar reduzir as quantidades de carbono que são emitidas para a atmosfera, o que representa um grande desafio. Os investigadores afirmam que a tecnologia renovável é acessível e de fácil administração e que se 2% do PIB mundial fossem direcionados anualmente para o desenvolvimento destas tecnologias, passariam não só a fazer parte de uma realidade social como também de uma melhor opção de investimento.

Nicholas Stern afirma que ao ritmo que a tecnologia e a pesquisa científica estão a evoluir começam a tornar-se no novo motor da próxima modernização. Faz também três recomendações para que seja possível a concretização destas ideologias: A primeira seria aumentar a quantidade de tecnologias de baixo consumo existentes. A segunda, seria proporcionar o desenvolvimento e crescimento das tecnologias que poderão tornar-se comercialmente viáveis nos próximos 15 anos e por último recomenda que é necessário apoiar novos avanços tecnológicos promotores de reduções nas emissões de CO<sub>2</sub> até 2030 (Casper, 2010).<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> CASPER, Julie Kerr - Fossil Fuels and Pollution - The Future of Air Quality, p. 83-86

## 4. A REVOLUÇÃO VERDE

“You may say, I'm a dreamer / But I'm not the only one  
I hope someday you'll join us / And the world will be as one;  
Imagine no possessions / I wonder if you can  
No need for greed or hunger / A Brotherhood of man;”

***John Lennon***

## 4.1. Contextualização

Contrariamente ao que sucedia no passado, em que os edifícios na sua maioria eram desenvolvidos segundo métodos de construção vernacular em que impacto ambiental era quase nulo, hoje em dia os edifícios representam um perigo eminente para o ambiente e para o ser humano. É um conhecimento empírico que para construirmos e obtermos conforto dentro da habitação necessitamos de utilizar energia, seja para aquecimento, arrefecimento ou iluminação. Estima-se que em termos de consumo energético per capita a Europa centra-se em valores médios de 6000 watts, comparando com o Canada que consomem em média 11000 watts e a China com valores médios de 1500 watts per capita (Figura 4.1) (Huebner, 2009).<sup>45</sup> Nos países subdesenvolvidos como o Bangladesh onde a economia se baseia essencialmente na agricultura, os consumos energéticos são de 200 watts per capita. É certo que estes valores refletem os hábitos económicos de cada país bem como o seu nível de desenvolvimento industrial e tecnológico e que posteriormente ambos se relacionam mutuamente. O conceito de “Edifício Verde” é exatamente o de preservar os recursos naturais e o meio ambiente ao mesmo tempo que se torna possível manter as condições de conforto dos seus utilizadores. Para isso estes edifícios utilizam, por exemplo, materiais reciclados ou recicláveis, desenvolvem sistemas energéticos sustentáveis e são concebidos para reduzirem de forma ativa os desperdícios, o lixo, a poluição e a degradação ambiental, aproveitando corretamente os recursos de cada local. Os edifícios atuais devido a não serem adequados na sua maioria ao local onde estão implantados, consomem bastante energia e poluem o ambiente (Huebner, 2009).<sup>46</sup>

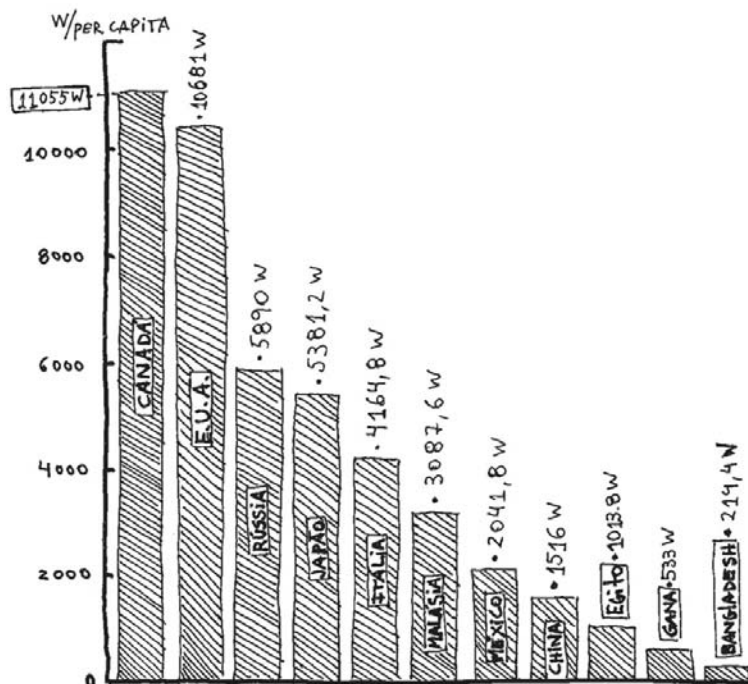


Figura 4.1 - Consumo energético per capita

<sup>45</sup> HUEBNER, Kalle - 2000 Watt Society - United Nations University, Our World Magazine.

<sup>46</sup> HUEBNER, Kalle - 2000 Watt Society - United Nations University, Our World Magazine.

A ideologia de um edifício “Verde” remete para um edifício que preserve na íntegra a sua envolvente ao mesmo tempo que pela sua criação, sirva um propósito. O processo de construção e vida útil do edifício devem assim beneficiar o local, sem interferir com o espaço envolvente (Rinkesh, s/data).<sup>47</sup> Ao mesmo tempo que estes edifícios representam um passo enorme no controlo da saúde pública, otimizam as condições de vivência das gerações futuras. O design planeado do edifício por sua vez pode efetivamente reduzir o seu consumo energético e colocar um termo ao ciclo degenerativo de que muitos edifícios fazem parte. Mark DeKay é da opinião que sistemas ativos de produção energética, tais como painéis fotovoltaicos ou ventoinhas eólicas são recursos dispendiosos e que devem ser adotados em última necessidade. De forma a explicar este conceito esquematiza uma estratégia subdividida em hierarquias (Figura 4.2). O objetivo deste esquema não é apresentar um conjunto restrito de medidas a seguir, mas sim criar uma contextualização da realidade. Assim, a sua teoria aconselha que cada nível superior esteja dependente do nível inferior de maneira a que seja possível solucionar os problemas energéticos partindo das formas menos tecnológicas e menos dispendiosas (DeKay, 2014).<sup>48</sup>

- **Arquétipo** - é o nível base, onde são consideradas todas as adversidades do terreno, da localização, da orientação e da forma arquitetónica.
- **Eficiência Tecnológica** - é o pré-requisito para o desenho e bom funcionamento dos sistemas passivos.
- **Design Passivo** - fazem parte o conjunto de estratégias que permitem tornar o edifício climaticamente autónomo, pelo processo de adaptação às necessidades de conforto correspondentes á qualidade do clima exterior.
- **Equipamentos de Alta Performance** - utilização de sistemas AVAC<sup>49</sup> eficientes e sofisticados que são integrados no desenho arquitetónico juntamente com os sistemas passivos.
- **“Green Power”** - a emissão de gases poluentes está associada ao uso de energia, que por sua vez é conduzido pelo requisito de energia derivado da população, da afluência de serviços e do nível de tecnologia. Este nível aglomera estratégias e análises que pretendem reduzir os impactos deste ciclo.

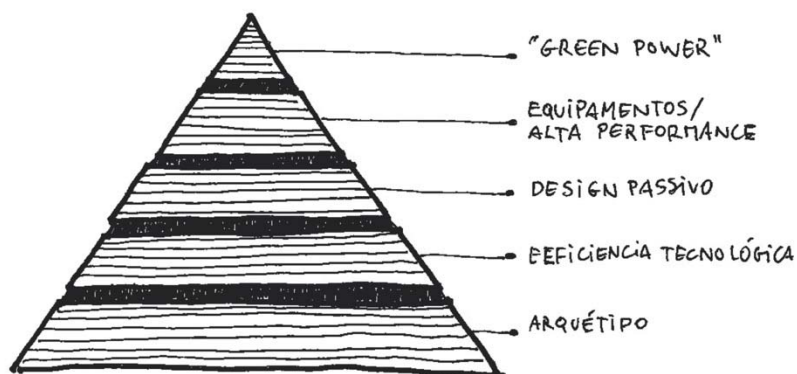


Figura 4.2 - Pirâmide Hierárquica, Mark DeKay

<sup>47</sup> RINKESH - What is a Green Building?

<sup>48</sup> DEKAY, Mark - Sun, Wind and Light, p. 5-9

<sup>49</sup> Sigla utilizada para “Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado”

## 4.2. Casos Práticos

Será possível desenhar um edifício adequado a uma região específica, que reduza drasticamente o uso de energia e ao mesmo tempo proteja o Homem das realidades atuais de um clima em mudança? Neste parágrafo será feita uma identificação de alguns projetos que se enquadram no âmbito da Arquitetura Bioclimática e representam na prática os componentes referidos na secção 2.2.

### 4.2.1. ORIENTAÇÃO, FORMA ARQUITETÓNICA - Jacobs House II

Frank Lloyd Wright desenvolveu uma estratégia cujo principal objetivo era adaptar-se às adversidades do clima Nórdico nos E.U.A. Esta habitação localizada em Wisconsin foi construída entre 1944 e 1948 após ser encomendada por Herbert e Katherine Jacobs.

A habitação é totalmente pensada segundo estratégias de aquecimento solar passivo e ventilação natural, conceitos estes que remetem imediatamente para os princípios da arquitetura bioclimática. Parte de uma planta semicircular (Figura 4.3) orientada a Sul e aberta para um jardim, de cota inferior. A peculiaridade deste projeto encontra-se no facto da fachada Norte (convexa) se encontrar parcialmente subterrada, mais especificamente até ao nível dos vãos do segundo piso, protegendo assim a fachada menos favorecida dos ventos frios ao mesmo tempo que permite a ventilação natural. No pavimento do piso térreo utilizou-se o betão, um material com forte inércia térmica que permite reter a energia solar durante o dia e dissipá-la durante a noite de forma a manter um ambiente confortável no interior sobretudo durante a estação fria. Nas paredes, por sua vez é utilizada pedra local que fornece uma superfície térmica melhorada e consequentemente uma maior estabilidade térmica interior (Coleman, 1989).<sup>50</sup>

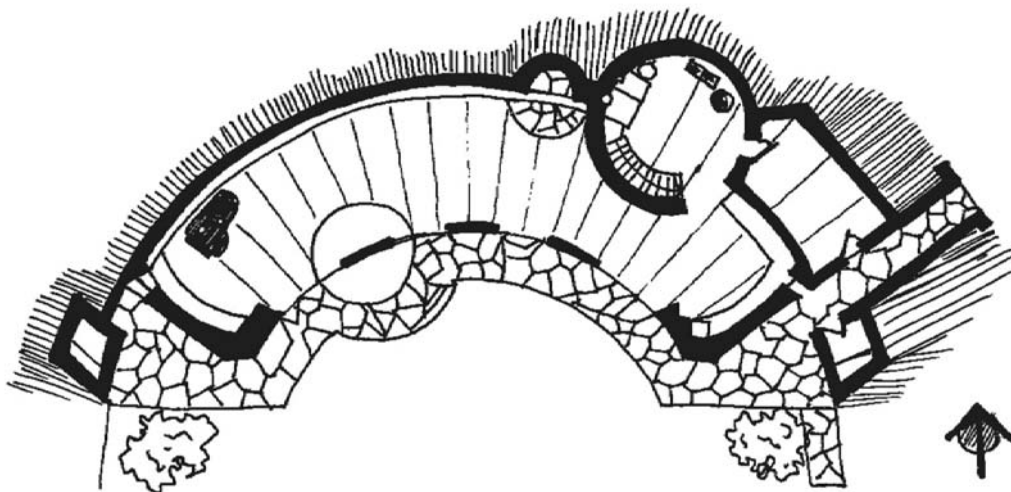


Figura 4.3 - Casa Jacob II, F.L.Wright - Planta do Rés-do-Chão

<sup>50</sup> COLEMAN, M.J - Frank Lloyd Wright and the “Solar Hemicycle”, Proceedings of the 14th National Passive Solar Conference

A fachada Sul é protegida durante o verão pelas palas horizontais (Figura 4.4), assegurando juntamente com a massa de terra exterior (Figura 4.5) um controlo moderado da temperatura interna durante o Verão. O desenho das palas pretende acompanhar o movimento natural do sol durante a estação quente e dessa forma reduzir consideravelmente os ganhos solares durante esse período. Em contrapartida também beneficiam de ganhos solares na estação fria. Integração na natureza, arquitetura orgânica e eficiência térmica são sem dúvida as palavras chave deste projeto onde também se materializou a ideia de que uma habitação deve ser tratada como um espaço único em que as suas divisões são definidas pela associação do mobiliário à sua função ou então através de variações no tipo de material que confere sensações diferentes de espaço sem comprometer o plano único da habitação (López, 2013).<sup>51</sup>



Figura 4.4 - Casa Jacob II, F.L.Wright - Fachada Sul



Figura 4.5 - Casa Jacob II, F.L.Wright - Fachada Norte

<sup>51</sup> LÓPEZ, Pedro - Casa Herbert Jacobs II (Hemiciclo Solar), Investigación y Arquitectura

## 4.2.2. ENVOLVENTE EXTERIOR - The Great Wall of WA

Será de seguida analisada a componente relativa à escolha dos materiais. Neste caso será analisado o projeto Australiano “The great Wall of WA” pela sua característica peculiar de ser construído em terra crua.

O projeto é composto por 12 habitações subterradas, projetadas para uso temporário como serventia a uma quinta de gado. As paredes dos blocos habitacionais são compostas por terra crua com 45cm de espessura proporcionando uma massa térmica muito forte. Este tipo de construção oferece, para além de uma forte inércia térmica, paredes muito resistentes capazes de formar estruturas de pequenas dimensões e a sua escolha proporciona inúmeras vantagens à habitação: a facilidade na construção, o custo e a redução energética são características das quais beneficia tanto o utilizador como a envolvente natural.

Cerca de metade da população mundial utiliza a terra crua como principal elemento na construção das suas habitações, sendo umas mais rudimentares e outras, por sua vez, com técnicas mais avançadas.

Neste projeto todos os materiais de construção são provenientes do local, desde a terra e argila, à gravilha e água recolhidas do rio. A forma da planta pretende oferecer privacidade às habitações através da alternância dos volumes (Figura 4.6). As habitações por sua vez estão unidas, o que lhes proporciona ainda uma maior estabilidade térmica, mas são internamente independentes entre si (Rousselli, 2015).<sup>52</sup>



Figura 4.6 - The Great Wall of WA (Australia), Luiggi Rosselli - Fachada Sul

---

<sup>52</sup> ROUSSELLI, Luigi - The Great Wall of WA, ArchDaily

### 4.2.3. SISTEMAS PASSIVOS, ENERGIA - Edifício Solar XXI

*“O desafio de projetar um edifício com um programa fundamentalmente orientado para a experimentação e testabilidade de estratégias solares passivas e ativas tornou-se, desde o início, uma tarefa de grande responsabilidade, tendo em conta as expectativas de criar um exemplo paradigmático de integração arquitetónica destes sistemas.*

*A metodologia de desenho procurou, assim, conciliar a complexidade técnica de cada sistema proposto com necessidades específicas na orientação de fachadas e dimensionamento de vãos, sem perder a ideia de projeto de arquitetura, isto é, sem esquecer que o desenho de um edifício é sempre um ato criativo que propõe espaços, formas e materiais, numa interação com o utilizador que ultrapassa a mera expressão básica de usos e funções.*

*Desde os primeiros esquiços, tornou-se claro que o conceito arquitetónico do Edifício Solar XXI deveria investigar uma síntese onde os sistemas propostos funcionassem como instrumentos na definição da lógica formal do todo, ao contrário de uma simples construção com sistemas adicionados na fase final do processo.*

*Se, por um lado, é a métrica “standard” e abstrata dos painéis fotovoltaicos que estrutura tanto o ritmo da fachada Sul como toda a geometria interna de espaços e alinhamentos, por outro, a implantação do edifício não procura apenas o Sol, mas resulta igualmente de uma atenção aos dados do sítio, relacionando-se ativamente com a geometria do bloco adjacente e com o traçado de percursos pedonais existente” (Cabrito, 2006).<sup>53</sup> Em contexto demonstrativo apresenta-se o Edifício Solar XXI (Figura 4.7), parte integrante do Campus do INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Está localizado em Lumiar, distrito de Lisboa e caracteriza-se como um edifício com funções de serviços, salas, gabinetes de trabalho e laboratórios com uma área total de construção de 1500m<sup>2</sup> dividida por três pisos.*

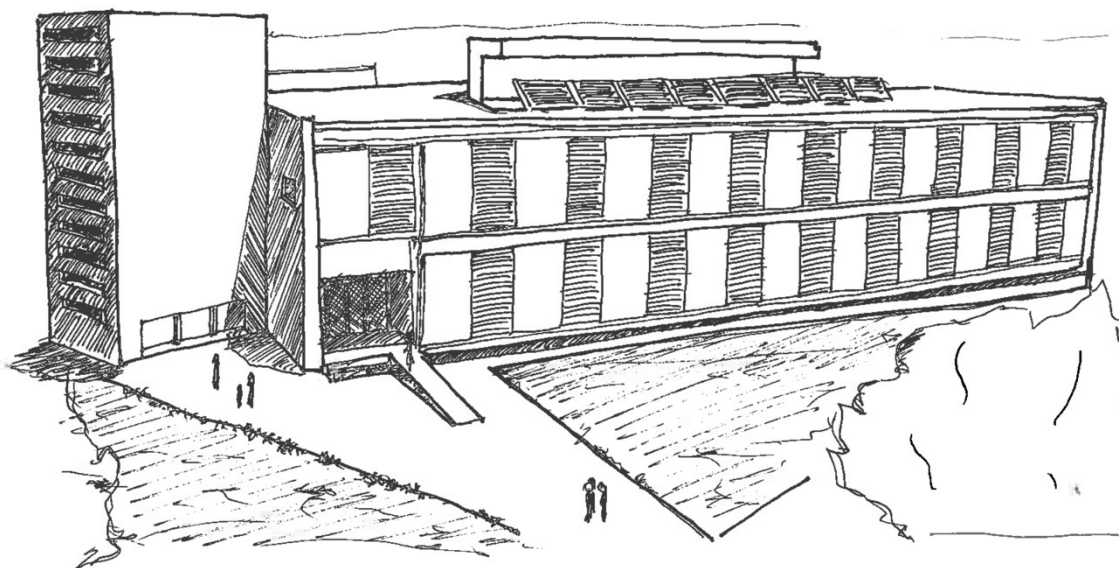


Figura 4.7 - Edifício Solar XXI, Pedro Cabrito e Isabel Diniz (Arquitetos)

<sup>53</sup> GONÇALVES, Hélder - Edifício Solar XX: Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal, p.3

Verifica-se aqui um exemplo prático bastante influente e inspirador no âmbito da arquitetura bioclimática onde os arquitetos utilizam estratégias bioclimáticas eficientes para aquecimento, arrefecimento e iluminação do edifício. Analisando a morfologia do edifício identificam-se várias estratégias passivas determinantes para o comportamento do edifício e que o transformam num projeto coerente na sua conceção. As estratégias utilizadas neste projeto pretendem integrar o edifício na zona climática de Lisboa potenciando os ganhos solares no Inverno e reduzi-los no Verão e obter conforto térmico interior durante todo o ano. Através da planta (Figura 4.8) é possível observar que orientados a sul estão os compartimentos de ocupação prolongada de forma a tirar melhor partido dos ganhos solares enquanto que na fachada oposta localizam-se os laboratórios de ocupação temporária e que geralmente são ocupados por grupos de trabalho.

O corredor de distribuição ocupa o espaço central e é iluminado por uma claraboia zenital que serve os três pisos e funciona ao mesmo tempo como meio de ventilação natural. O edifício é projetado com vãos orientados exatamente a sul que representam o principal elemento de captação solar. As restantes fachadas são desenhadas com vãos de dimensões mais reduzidas. A forma de proteção passiva utilizada nos vãos a sul é constituída por estores de laminas exteriores ajustáveis pelo utilizador e são por sua vez um elemento importantíssimo na estratégia solar do edifício uma vez que são ajustáveis e com a possibilidade de serem orientados conforme a necessidade do utilizador. Importa aqui o facto de serem aplicados pelo exterior uma vez que evita a incidência de radiação solar direta nos vãos durante o Verão e o conseqüente sobreaquecimento das fachadas. A integração de painéis fotovoltaicos em harmonia com os vãos envidraçados representa o elemento estético mais forte presente na identidade do edifício. Este sistema solar fotovoltaico com painéis modulares (Figura 4.10) abrange uma superfície total da fachada de cerca de 100m<sup>2</sup> e foi projetado para aproveitar o calor recolhido no Inverno e utilizá-lo para aquecimento do ar interior dos gabinetes e espaços contíguos. A inovação de maior destaque no projeto é a implementação de um sistema de arrefecimento pelo solo que permite que o ar exterior seja injetado no edifício após submergir no solo. As temperaturas exteriores durante o Verão são consideravelmente mais elevadas relativamente às do solo (entre 16°C a 18°C) então o ar que entra no edifício é mais fresco do que o ar exterior. Neste sistema está incluída a diminuição dos ganhos solares associado a um esquema de ventilação natural. A entrada de ar é feita a partir de um poço de alimentação, construído a cerca de 15 metros do edifício (Gonçalves, 2006).<sup>54</sup> Um pouco como em todos os sistemas passivos, verifica-se que a sua eficiência está dependente do comportamento global do edifício e dos seus utilizadores. Cada divisão recebe duas condutas e respetivas saídas (Figura 4.9) em que através de portas é possível controlar a abertura e o fecho das mesmas. Assim, o principal intuito deste projeto é realçar o papel da energia solar nos edifícios, diminuir os custos associados à exploração energética e diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>. Otimizaram-se

---

<sup>54</sup> GONÇALVES, Hélder - Edifício Solar XX: Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal, p.6

várias estratégias que reduzem a necessidade de energia para aquecimento, arrefecimento e iluminação e em contrapartida optou-se pela integração de dispositivos que gerassem a energia que o edifício necessita.

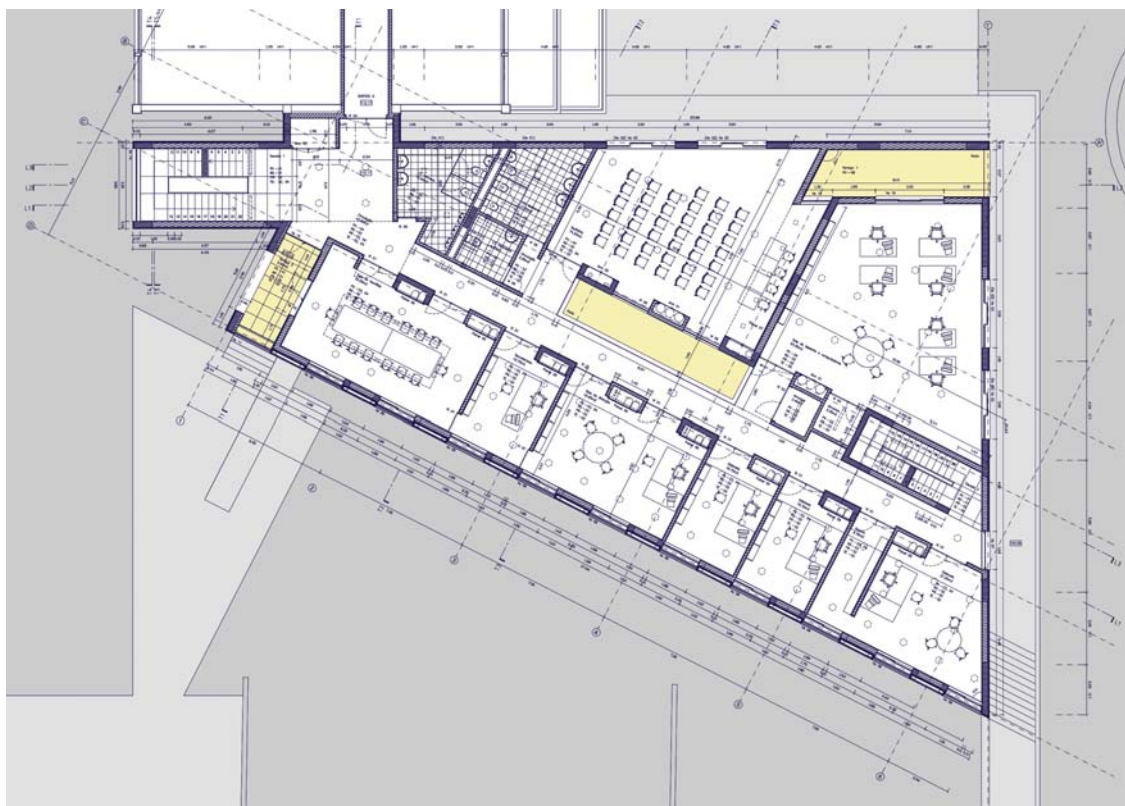


Figura 4.8 - Edifício Solar XXI - Planta intermédia



Figura 4.9 - Extremidade das condutas de ventilação e sistemas de arrefecimento pelo solo



Figura 4.10 - Módulo de painéis fotovoltaicos

### 4.3. Viabilidade dos Materiais Construtivos

*“Acho interessante podermos falar de um tema como este com tal naturalidade e informalidade. Eu sou de uma geração em que na década de 70 quando falávamos em temas como este - cérebro ético e sustentabilidade - isso era coisa de doidos. Na década de 80 tornou-se uma conversa alternativa, na década de 90 virou tendência e hoje é cenário”* (Migliori, 2013).<sup>55</sup> O desenvolvimento sustentável é um assunto cada vez mais debatido no decorrer dos anos. Há quem o defenda e também quem o considere um paradoxo, partindo do princípio que “não é possível ambicionar ter desenvolvimento/ crescimento para toda a população mundial e esperar ao mesmo tempo que esse desenvolvimento possa ser compatibilizado com a sustentabilidade ambiental” (Torgal, 2010).<sup>56</sup> O objetivo da análise aos três tipos de materiais predominantes na construção é sobretudo perceber a sua importância no contexto da construção sustentável e conseqüentemente perceber qual a melhor alternativa a utilizar.

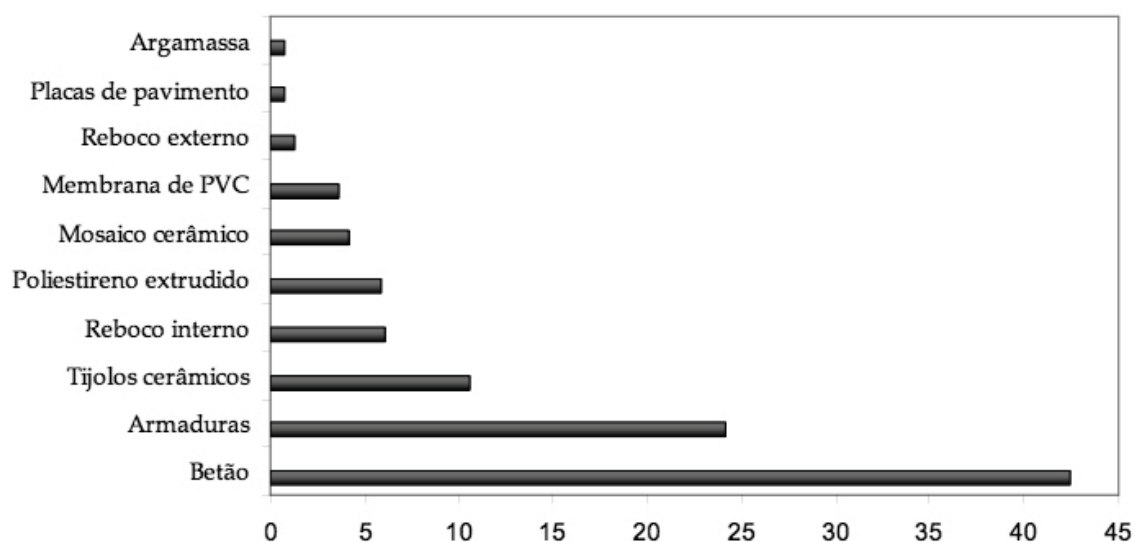
<sup>55</sup> MIGLIORI, Regina - Capital Natural #33: Ética e Sustentabilidade [vídeo]

<sup>56</sup> TORGAL, F. Pacheco - A Sustentabilidade dos Materiais de Construção, p.19

É importante reconhecer que as reservas existentes e a taxa de crescimento das matérias primas variam e que não existem matérias primas inesgotáveis.

Outro aspeto a ter em conta são os impactos ambientais inerentes à sua extração. Para além de reduzir os impactos ambientais como a extração excessiva de matérias primas, a escolha adequada dos materiais pode reduzir cerca de 17% a energia utilizada na fase de construção do edifício. Na tabela 4.1 podemos verificar que o betão, por exemplo, é o material que mais energia consome durante a sua fase de produção. Por sua vez, observa-se que a produção do aço é bastante vantajosa, tanto no processo de extração de matérias primas e fabrico como durante a sua vida útil e é substancialmente menos prejudicial para o ambiente. O aço é produzido através do ferro que é uma matéria prima em abundancia na natureza e a sua produção utiliza atualmente menos energia comparativamente ao séc. XX, reduzindo também as emissões de CO<sub>2</sub> e o consumo de água. Foi também encurtado o tempo de construção de edificações, através de um processo eficiente e mais rápido devido ao facto de ser um material pré-fabricado e estes fatores refletem-se nos custos finais da obra e permite uma amortização rápida dos encargos financeiros. Comparando diretamente o betão, o aço e a madeira, observa-se que a madeira é o material com menor índice de condutibilidade térmica <sup>57</sup> e em contrapartida melhor isolante térmico (Tabela 4.2). É também o único material renovável não poluente e que devido à acessibilidade e maneabilidade é considerado um material básico para o desenvolvimento humano. Verifica-se, portanto, uma alternativa a considerar na escolha de materiais primários da habitação. (dentro desta temática é importante referir que a madeira, em semelhança ao aço, é facilmente desmontável e permite a translação das suas partes para outro local. Em termos socioeconómicos e ambientais apresenta-se como uma solução viável.

Tabela 4.1 - Percentagem de energia utilizada durante a fase de produção



<sup>57</sup> **Condutividade térmica** equivale numericamente à quantidade de calor transmitido por unidade de tempo através de um objeto com espessura unitária, numa direção normal à área da superfície de sua seção reta também unitária, devido a uma variação de temperatura unitária entre as extremidades longitudinais.

Tanto o aço como a madeira podem ser reciclados ou reutilizados e utilizam menos energia durante a sua fase de produção. São materiais que pela sua utilização reduzem os impactos negativos no local de construção: são reduzidas as operações no local e consequentemente todos os inconvenientes inerentes, tal como a poluição residual e sonora. Por serem materiais mais leves exigem fundações menos profundas. A longevidade do aço é maior e necessita de menos manutenção comparativamente a outros materiais. É também um material com baixa inércia térmica, ou seja, não interfere significativamente na dinâmica térmica do edifício. A componente estética de ambos, por sua vez, permite um design limpo, simples e contemporâneo ao mesmo tempo que se integra perfeitamente com outros materiais tais como o vidro ou acrílicos. Na altura de analisar a sustentabilidade de um edifício são vários os fatores que fazem parte do plano geral. As revisões na energia utilizada, no tempo de construção e no tipo de material definem e representam grande parte do processo de eficiência da construção.

**Tabela 4.2 - Massa volúmica aparente e índice de condutibilidade térmica**

<b>Material</b>	<b>Massa volúmica aparente seca <math>\rho</math> (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Condutibilidade térmica <math>\lambda</math> W/(m. °C)</b>
Alumínio	2700	230
Aço	7800	50
Granito	2500 - 2700	3,5
Pedra calcária macia	1600 - 1790	1,1
Material cerâmico	2200-2400	1,04
	<1000	0,34
Betão corrente	2300-2600	2,0
Betão de inertes leves	400-600	0,24
Estuque tradicional	1000 - 1300	0,57
Madeira muito leve	200-435	0,13
Adobe, taipa ou BTC	1770-2000	1,1
Vidro de quartzo	2200	1,4

## 4.4. Elementos estruturais

Estrutura consiste no conjunto de elementos que suportam e oferecem estabilidade a uma construção. Estes elementos devem formar um todo, de forma a resistir aos esforços causados pelo peso próprio do edifício, às adversidades externas, às sobrecargas e o peso dos seus ocupantes. Uma única falha num dos elementos deste sistema pode causar o colapso de uma estrutura inteira. A estrutura é essencialmente composta por quatro partes:

- **A Fundação:** é a parte da construção que tem como objetivo suportar o peso da obra, reparti-lo no solo e garantir a estabilidade do edifício. Geralmente é construída debaixo do terreno, ou seja, não é visível e é a primeira parte da construção a ser executada. O seu dimensionamento é calculado com base no peso do edifício e podem variar a forma, o tipo e as dimensões. É comum a utilização do betão por ser o material com melhor comportamento neste tipo de situações.
- **O Pilar:** é a parte da estrutura vertical que sustenta os edifícios. Por eles passam as cargas produzidas pelas vigas e lajes e tal como nas fundações o seu dimensionamento é calculado com base na carga a que irão ser sujeitos e no número de pilares construídos. Dependendo da forma podem também ser chamados de colunas, caso sejam cilíndricos. Pode ser composto por madeira, aço, pedra ou betão armado.
- **A Viga:** é o elemento estrutural de um edifício que trabalha à flexão, recebe esforços transversais e transmite por sua vez a carga proveniente das lajes para os pilares. Pode ser executada em madeira, aço ou betão armado dependendo do tipo de construção. Existem três tipos convencionais de vigas (em consola, com apoio duplo e contínua) onde varia o tipo de ligação com os restantes elementos estruturais.
- **A Laje:** é o elemento responsável por transmitir as forças que recebe para as vigas. Utiliza-se como revestimento e possui, geralmente, forma quadrada ou retangular de superfície contígua na horizontal. Representa o pavimento ou o teto de um edifício e existem vários tipos (laje maciça, laje aligeirada, laje pré-fabricada, etc.)

Nas subsecções seguintes será feita uma revisão das vantagens e desvantagens específicas de cada material quando utilizado em estruturas de forma a adotar a melhor opção no objeto de estudo. Exclui-se logo de início o betão armado como opção estrutural, uma vez que não oferece a possibilidade de desmontagem e translação.

#### 4.4.1. Estruturas metálicas

- Produção em fábrica e montagem rápida em obra;
- Simplicidade de materiais (parafusos, aço e tinta);
- Melhor controlo de inventário e espaços de armazenamento;
- Mão de obra reduzida;
- Leveza do material;
- Apesar de ser uma estrutura mais cara acaba por justificar no orçamento final;
- Construção e tempo de finalização mais rápido e facilitado;
- Mão de obra mais cara (mais especializada)
- Pouca margem para erros;
- Maior transmissão acústica;
- Material mais caro;
- Maior preocupação na proteção contra incêndios;

Uma das características mais importantes e que torna o aço uma opção viável como estrutura sustentável é a sua característica de ser 100% reciclável sem que isso lhe retire nenhuma característica mecânica. A sua utilização em habitações modulares de pequenas dimensões é viável por permitir uma montagem/desmontagem rápida e limpa enquanto oferece bastante resistência e opções alargadas no que diz respeito à forma da estrutura (Torgal, 2010).<sup>58</sup>

#### 4.4.2. Estruturas em madeira

- É um material de origem natural e renovável;
- O seu processo produtivo exige baixo consumo energético;
- Facilidade de manuseamento e grande durabilidade;
- Versatilidade de uso e capacidade de reutilização;
- Propriedades físico-mecânicas com boa resistência, tanto à tração como à compressão;
- Variabilidade das suas dimensões causadas pelo clima externo;
- Necessita de mais cuidado e manutenção;
- Apresenta fraca resistência ao fogo;
- As suas dimensões são limitadas ao tamanho e tipo de árvore;

A madeira é um material facilmente renovável e a sua utilização não representa um impacto negativo no ambiente. Contudo a escolha da estrutura será baseada em três aspetos cruciais, o tempo de montagem/desmontagem, a resistência do material e o impacto ambiental. Verifica-se que a madeira apesar de ser mais ecológica não favorece a componente efémera do edifício nem a sua capacidade de translação, daí a escolha do aço como elemento estrutural.

---

<sup>58</sup> **TORGAL**, Fernando Pacheco - A sustentabilidade dos Materiais de Construção, p. 442-457

### 4.4.3. Estrutura em Light Steel Framing (LSF)

O LSF é um sistema construtivo composto essencialmente por aço galvanizado. No revestimento exterior utiliza-se OSB e outros materiais industrializados como a lã de rocha e gesso cartonado cujas propriedades conferem altos níveis de conforto, durabilidade e segurança. Os perfis de aço são deformados e quinados para obterem maior resistência e após esse processo são aparafusados “*in loco*” seguindo um método previamente especificado em projeto. São peças leves e extremamente flexíveis no sentido em que permitem qualquer tipo de acabamento exterior, sendo os mais utilizados o ripado de madeira e o capoto. Este método construtivo oferece:

- Rapidez de execução (cerca de 1/3 da construção convencional);
- Redução da quantidade de mão de obra;
- Pré-fabricação fora do local;
- Possibilidade de desmantelamento e translação;
- Custo reduzido;
- Conforto, durabilidade e segurança;
- Inúmeras opções construtivas;
- Não utiliza matérias poluentes e reduz 70% os consumos de energia;
- Todos os materiais podem ser reciclados/reutilizados;

Este sistema construtivo (Figura 4.11) baseia-se na montagem de módulos metálicos produzidos em fábrica que posteriormente são transportados para o local de implantação. Quando montados dão origem a uma estrutura tridimensional autoportante que funciona como esqueleto do edifício. No caso de construções novas os painéis são ligados entre si, no entanto há a possibilidade de serem conectados a estruturas já existentes no caso de reabilitações ou ampliações. Podem ser utilizados na construção de qualquer elemento estrutural do edifício, em lajes, coberturas, paredes e dispensam qualquer outro elemento estrutural.



Figura 4.11 - Estrutura em Light Steel Framing (LSF)

## 4.5. Escolhas construtivas

A dinâmica social moderna faz com que se procurem alternativas construtivas eficazes que suportem as suas necessidades. Cada vez mais se procuram técnicas construtivas flexíveis e de natureza efémera. Todo o conjunto apresentado terá a possibilidade de ser desmontado e trasladado, inclusive as fundações. O projeto irá contar com um estudo prévio do terreno para que dessa forma seja feita uma implantação adequada, baseada nas condicionantes topográficas e climáticas da zona de Ílhavo. Para ser possível trasladar o edifício de forma a que seja implantado num terreno diferente os pilares de apoio vão ter a possibilidade de serem ajustáveis em altura. Estes assentam em sapatas de betão pré-fabricadas também elas com a possibilidade de serem amovidas e reinseridas noutra espaço.

Optou-se em utilizar a estrutura em LSF devido às suas propriedades construtivas. Todo o esqueleto da edificação será erguido facilmente segundo este método construtivo, o que permite uma rápida montagem a um custo relativamente reduzido. Além disso, a mão de obra necessária assume-se invariavelmente mais reduzida do que nos métodos de construção tradicionais, oferecendo uma metodologia de montagem intuitiva baseada num projeto prévio. Escolheu-se também este sistema por demonstrar uma generalidade construtiva - toda a habitação é construída no mesmo sistema - através do "Light Steel Framing". No acabamento exterior será colocada uma fachada ventilada utilizando como material de acabamento o ripado de madeira, no projeto base, pelo que posteriormente será alterado o tipo de material baseado nos materiais de cada local. Do exterior para o interior a construção em LSF consiste em:

- Acabamento exterior;
- Isolamento térmico XPS - 40 mm
- Placa de OSB - 18 mm
- Perfil em aço galvanizado C150, com interior em lã mineral (60+60 mm)
- Placa de OSB - 18 mm

Na cobertura será colocada no exterior uma tela impermeabilizante e painel oxiasfáltico com 2% de inclinação, é ainda utilizada chapa de zinco de 10 mm na cobertura. No pavimento é acrescentado à estrutura base um piso flutuante em madeira com 20 mm.

## **PARTE II**

Desenvolvimento do objeto de estudo



## 5. CARACTERÍSTICAS LOCAIS

*“Projetar, planejar e desenhar, não deverão traduzir-se para o arquiteto na criação de formas vazias de sentido, impostas por capricho da moda ou por capricho de qualquer outra natureza. As formas que ele criará deverão resultar, antes, de um equilíbrio sábio entre a sua visão pessoal e a circunstância que o envolve e para tanto deverá ele conhecê-la intensamente, tão intensamente que conhecer e ser se confundem.”*

**Fernando Távora**

## 5.1. Uniformidade da forma arquitetónica

Com o avanço da política do regime do Estado Novo surge em Portugal a ideologia de criação de uma arquitetura genuinamente portuguesa. Esta ideia desenvolveu-se a partir de métodos construtivos da engenharia modernista enquanto procurava elementos estéticos característicos da arquitetura tradicional portuguesa dos séculos XVII e XVIII. Era uma arquitetura tradicionalista em que um dos principais objetivos era servir a propaganda política, transmitindo através da arquitetura os valores que o estado pretendia inculcar na sociedade, como a autoridade, a disciplina, e o culto pela nacionalidade expressando através da arquitetura toda a sua capacidade executante.

Em 1940 é promulgada a Lei nº 1985 do Ministério das Finanças, a qual decreta que o Governo iniciará em 1941 a execução do plano geral da rede escolar, que será denominado Plano dos Centenários e onde serão fixados o número, localização e o tipo de escola a construir para o completo apetrechamento do Ensino Primário. Nestas intervenções adotou-se uma forma arquitetónica generalizada que era repetida em grande parte das regiões de Portugal. A aceitação de uma arquitetura uniforme nos edifícios em Portugal foi um acontecimento que proliferou sobretudo em meados do Séc. XX, observando-se indícios dessa uniformização por exemplo nos edifícios públicos escolares, construídos entre 1941 e 1956. Sobrepondo assim a forma às condicionantes climáticas de cada região a ideia de criar um estilo arquitetónico genuíno visa sobretudo o enaltecimento do Estado e a propaganda da ideologia. Na fase de iniciação das construções para este plano uniformizador, concluiu-se que nem todas as escolas se adaptavam às exigências funcionais por região ao mesmo tempo que se tornavam bastante dispendiosas. Dessa forma determinou-se que os projetos deveriam ser todos eles revistos e readaptados. Revisão essa que deu ênfase à necessidade de adaptação do edifício ao local. Na apresentação do projeto para o Plano dos Centenários uma das premissas a seguir partia do princípio que deveriam ser utilizados na construção dos edifícios materiais próprios de cada região e dessa forma poder reduzir de uma forma convencional os custos finais da construção. Todas as escolas teriam as mesmas características formais com base na simetria (Figuras 5.1 à 5.5). A partir dos modelos de menores dimensões presentes nas escolas de uma ou duas salas eram construídas as escolas de maiores dimensões, reproduzido o mesmo desenho e acrescentando mais um piso que refletia a mesma planta do piso inferior. A simetria era uma característica sempre presente no desenho, tanto das plantas como das fachadas verificando-se uma métrica clara no desenho das janelas e portas de entrada principal. Analisando as plantas tipo das escolas do Plano dos Centenários verifica-se que existe a já referida uniformização, como podemos ver nas figuras seguintes. Em todas as regiões eram utilizadas as mesmas plantas tipo, variando apenas os materiais de construção ou o número de salas de aula. Este último dependia essencialmente da densidade populacional.

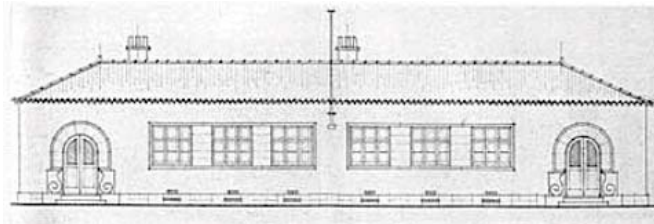


Figura 5.1 - Escola tipo (um piso), Plano dos Centenários, alçado

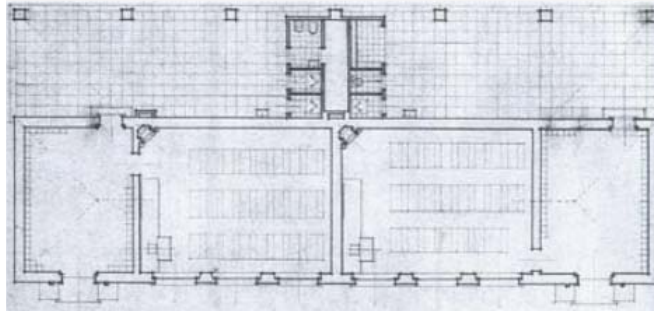


Figura 5.2 - Escola tipo (um piso), Plano dos Centenários, planta

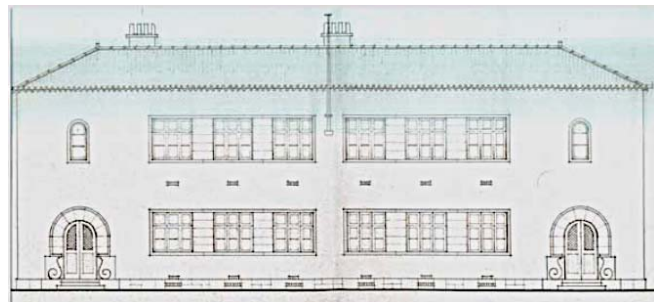


Figura 5.3 - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários, alçado

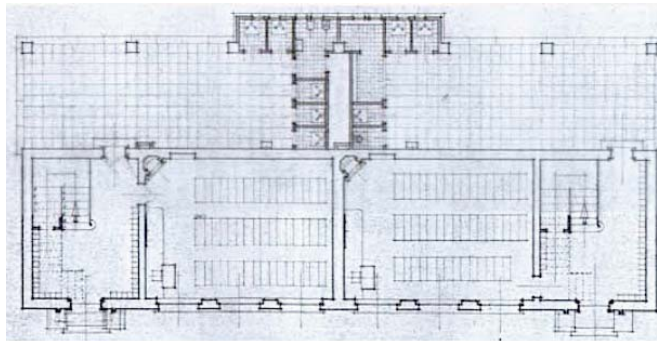


Figura 5.4 - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários, planta R/C

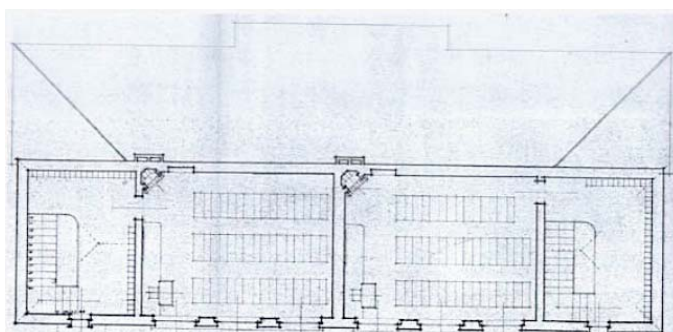


Figura 5.5 - Escola tipo (dois pisos), Plano dos Centenários, planta do piso superior

Como consequência da aplicação das normas definidas pela DGEMN <sup>59</sup> para edifícios escolares observou-se a expansão de um movimento arquitetónico uniformizado e com uma função bem definida que melhor se adaptava às necessidades regionais das edificações. <sup>60</sup> Nestes termos pretendeu criar-se um objeto de estudo com características similares às anteriormente descritas. Tal como nas edificações do Plano dos Centenários, o edifício proposto para esta dissertação, de habitação, será reproduzido em regiões climáticas distintas mantendo as suas características formais. A uniformização da forma permite a standardização do método construtivo do edifício o que consequentemente permite reduzir os custos de produção tornando possível a sua produção em série. Os materiais produzidos em série, por sua vez, são de custo reduzido se comparados com uma peça única com as mesmas características o que coloca o edifício economicamente num patamar mais acessível. Não obstante à metodologia da pré-fabricação, serão modificados alguns detalhes construtivos de forma a tornar o edifício intrínseco ao local ao invés de uniformizar completamente o objeto arquitetónico. Já foi comprovado que é possível abordar o projeto desta forma se forem tomadas considerações apropriadas, tais como as condições atmosféricas e o tipo de material local.

## 5.2. Locais de Estudo

Na seguinte secção será essencialmente recolhida e analisada informação das características mais relevantes de três regiões climáticas - I1-V1; I3-V1; I1-V3 - para servirem de referência para o tipo de abordagem construtiva do edifício, o tipo material a utilizar, as adversidades climáticas a ter em conta, entre outras condicionantes exteriores possíveis. Será escolhido como local base para a implantação do objeto de estudo o concelho de Ílhavo, por ser uma região climática com características amenas (I1-V1). Localiza-se numa zona litoral do território e é dotado de boas referências locais de arquitetura vernacular. Os locais de translação do edifício para regiões quentes e frias (I1-V3 e I3-V1, respetivamente) são zonas a sul e a norte do país. Na região mais a sul será escolhido para uma implantação hipotética do edifício o concelho de Mértola e na região mais a norte o concelho de Montalegre. Pretende-se neste capítulo fazer uma caracterização generalizada de cada uma das zonas a intervir e recolher uma base justificativa para a conceptualização do objeto de estudo e sucessiva translação. Assim como por todo o mundo “a casa tradicional portuguesa ergue-se segundo um motivo social e económico e reflete o tipo de atividade praticada pela população local” (Silva, 2011) <sup>61</sup> daí a necessidade de compreender o modo como cada local se comporta segundo a sua posição geográfica e características climáticas.

<sup>59</sup> DGEMN - Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais

<sup>60</sup> PIMENTA, Paulo - A Escola Portuguesa - Do “Plano dos Centenários” à construção da rede escolar no distrito de Vila Real, p.46-110

<sup>61</sup> SILVA, Mónica et al. - Reabilitação de casas tradicionais em madeira do litoral norte e centro de Portugal, p. 2-6

### 5.3. Ílhavo, distrito de Aveiro (I1-V1)

O primeiro registo escrito referente à existência de Ílhavo, data do ano de 1037 d.C. Ílhavo foi em tempos dominado pelos Fenícios, que foram os primeiros a desenvolver a pesca, a salicultura e agricultura. Foi posteriormente dominada pelos Gregos, Romanos e Mouros até à fundação da nacionalidade em 1143.<sup>62</sup> Segundo a Nomenclatura das Unidades Territoriais para fins estatísticos (NUTS III) insere-se no território do Baixo Vouga. Localiza-se a Sudoeste do distrito de Aveiro (Figura 5.6) e tem uma densidade populacional de cerca de 38 598 habitantes divididos por 73,48km<sup>2</sup> de área.<sup>63</sup>



Figura 5.6 - Localização de Ílhavo no distrito de Aveiro

#### 5.3.1. Características arquitetónicas

É uma zona litoral onde abundavam as construções integralmente em madeira conhecidas como “Palheiros” (Figura 5.7 e 5.8). Estes serviam como armazéns para a prática da pesca e esporadicamente para habitação. Foi uma zona de grande concentração de pescadores e empresas ligadas à pesca, uma prática sazonal naquele local sendo praticada sobretudo durante o Verão e Outono devido às condições climáticas favoráveis. Estes palheiros eram construções tradicionais e refletiam a atividade da época transparecendo o modo de vida da população. A permanência no mesmo local era efémera e o mesmo sentimento se pode retirar do material utilizado na construção destes edificadros que eram essencialmente construções leves de madeira. O facto de a população não permanecer no local levava a que fossem feitas construções rápidas em que se utilizassem materiais de fácil acesso, de características menos permanentes.

<sup>62</sup> C.M. Ílhavo - Estudos de Caracterização, p.17

<sup>63</sup> INE, Instituto Nacional de Estatística, Censos 2011

As construções erguiam-se sobre um único piso e eram feitas com tábuas de madeira dispostas horizontalmente ou verticalmente, em escamas e encaixadas umas nas outras com juntas vedadas. A madeira era uma matéria prima abundante que permitia ao mesmo tempo uma construção rápida e económica. As tábuas eram pintadas com faixas de cores vivas e alternadas com uma cor complementar. A cobertura, inclinada, levava o acabamento em telha caleira. Este tipo de construção apoiava-se sobre estacas para evitar as inundações. (Silva, 2011)<sup>64</sup> Posteriormente, com a deslocação dos pescadores para este local por motivos económicos, as construções passaram a desempenhar funções de habitação permanente e foi a partir daqui que em vez de um único piso, começaram a ser construídas com dois pisos. Atualmente estas habitações são construídas em betão no lugar da madeira, o que lhes proporciona melhores condições de habitabilidade, mas retira parte da caracterização tradicional do edifício. É certo que em todas as regiões de Portugal é predominante a construção globalizada, mas não é essa que interessa analisar. Um pouco como em todas as regiões litorais, verificamos que as edificações são no geral de cêrcea baixa, normalmente com um, dois ou três pisos. Uma parte significativa do território costeiro de Ílhavo não está construída, em vez disso encontramos aglomerados de dunas e vegetação rasteira, logo depois da linha do mar.



Figura 5.7 - Palheiros da Costa Nova, Ílhavo



Figura 5.8 - Palheiros da Costa Nova, Ílhavo

### 5.3.2. Características climáticas regionais

As zonas correspondentes à caracterização I1-V1 distribuem-se por grande parte do litoral português (Figura 5.9 e 5.10). São locais com características determinadas pela influência estabilizadora marítima onde se verifica uma amplitude térmica diária baixa. As exigências das condições regulamentares são menores pelo facto de o clima litoral ser mais ameno. Ainda assim subsiste uma forte percentagem de precipitação que tende a diminuir respetivamente de Norte para Sul. As regiões de Portugal que se enquadram nos parâmetros definidos pelo REH e que correspondem à zona climática I1-V1 são:

- Águeda, Albergaria, Aveiro, Bombarral, Caldas da Rainha, Figueira da Foz, Cantanhede, Ílhavo, Lagos, Mafra, Mira, Óbidos, Oeiras, Ovar, Peniche, Portimão e Sintra. Pelo que para o estudo desta zona climática será definido o concelho de Ílhavo como matriz.

<sup>64</sup> SILVA, Mónica et al. - Reabilitação de casas tradicionais em madeira do litoral norte e centro de Portugal, p. 2-6



Figura 5.9 - Zonas Climáticas I1 e V1, respetivamente.



Figura 5.10 - Zona Climática I1-V1

Sabe-se que para estas zonas climáticas é aconselhável:

- Restringir a condução térmica de Inverno, utilizando materiais isolantes;
- A fachada Sul deve permitir a entrada do sol e promover ganhos solares;
- A vegetação pode ser utilizada como forma de neutralizar as brisas marítimas verificando-se bastante útil de verão uma vez que protege os envidraçados e evita os ganhos solares excessivos nas fachadas Este e Oeste.
- No Verão é imprescindível o sombreamento da fachada Sul, através de palas horizontais ou vegetação. (Gonçalves, 2004) <sup>65</sup>

De seguida serão demonstradas na tabela 5.1, as temperaturas médias diárias nos meses de maior influencia durante o ano de 2015 <sup>66</sup>, sendo esses:

- O mês de Março na Figura 5.11 (Equinócio de Primavera), o mês de Junho na Figura 5.12 (Solstício de Verão), o mês de Setembro na Figura 5.13 (Equinócio de Outono), o mês de Dezembro na Figura 5.14 (Solstício de Inverno), durante o ano de 2015.

Tabela 5.1 - Temperatura média do ar, 2015

Temperatura Média do Ar	Ílhavo
Março	13°C
Junho	19°C
Setembro	17°C
Dezembro	13°C
Amplitude Térmica dos meses em análise	6°C

<sup>65</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.12-14

<sup>66</sup> Utilizou-se como ano de referência o ano de 2015 devido à existência incompleta de todos os dados climáticos do ano de 2016 na presente data. Os valores serão discriminados na tabela 5.4.

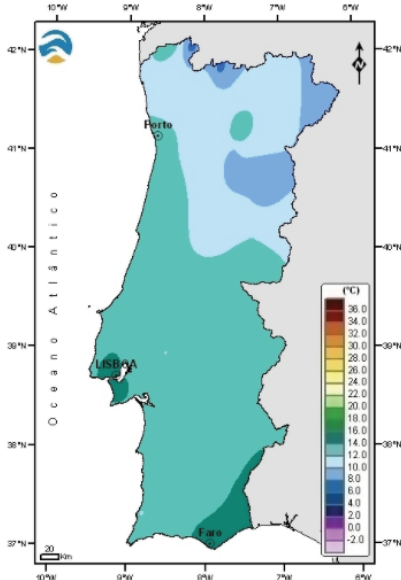


Figura 5.11 - Temperatura média do ar, Março de 2015

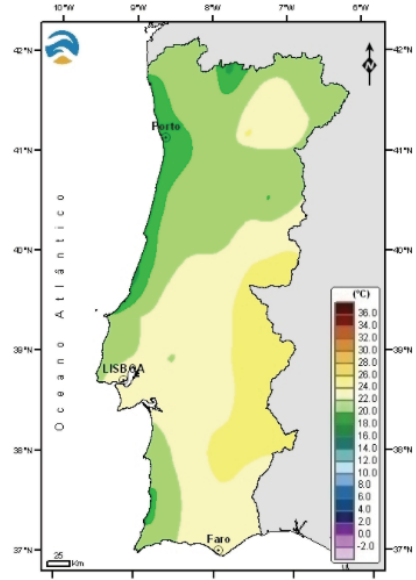


Figura 5.12 - Temperatura média do ar, Junho de 2015

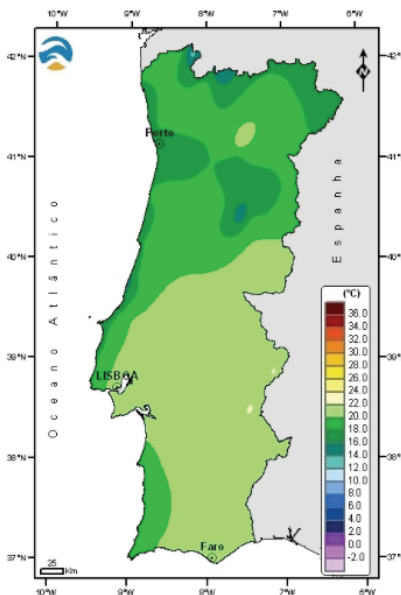


Figura 5.13 - Temperatura média do ar, Setembro de 2015

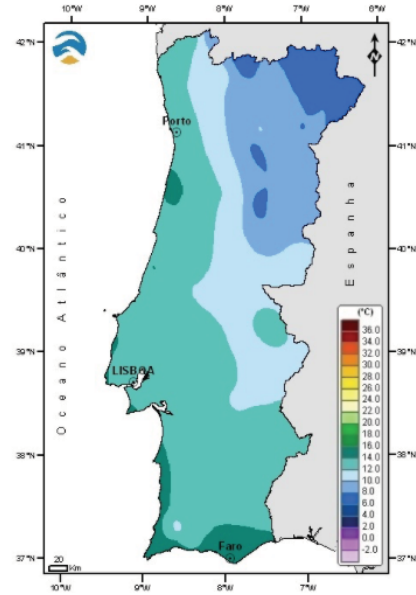


Figura 5.14 - Temperatura média do ar, Dezembro de 2015

### 5.3.3. Análise solar

Com o auxílio de uma carta solar é possível analisar o comportamento do sol em torno do edifício de forma a pré-dimensionar os sistemas solares passivos, nomeadamente as palas horizontais e verticais. Na análise de uma carta solar, utiliza-se como valor de referência a latitude do local para se determinar a posição solar ao longo do ano. Na análise de uma carta solar são tomados como referência dois ângulos (Figura 5.15) que permitem saber a direção dos raios solares, em determinado momento do dia:

- **Altitude Solar (h)** - Indica a inclinação do mesmo raio solar e determina-se a sua amplitude com base na superfície terrestre (eixo Z).
- **Azimute Solar (a)** - Indica a direção do raio solar. Representa a amplitude do ângulo que o sol faz com o eixo Y (norte).

Ílhavo localiza-se a uma latitude de  $40,60^{\circ}\text{N}$ . Pretende-se aqui determinar com base nos dados da carta solar da Figura 5.16 a amplitude solar máxima e mínima ao longo do dia, durante os dias de maior e menor amplitude (solstício de Verão e Inverno) e equinócios. Com estes dados é possível saber qual será o movimento do sol em torno do objeto de estudo e com isso adaptar as estratégias solares passivas a utilizar, tais como as palas horizontais, palas verticais e vãos.

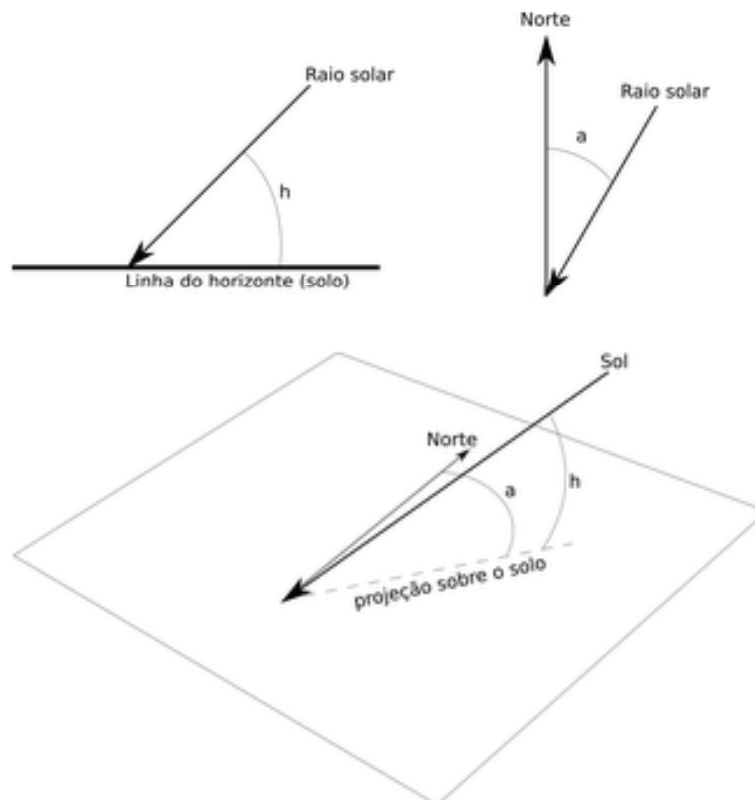


Figura 5.15 - Método de análise de cartas solares

Desta forma podemos verificar que no solstício de Verão (21 de Junho) o sol nasce a nordeste, relativamente próximo das 5h e faz com o eixo Y (norte) um ângulo de 62° e com o eixo Z (terra) um ângulo de aproximadamente 5°. Por volta das 8h, altura em que o sol incide diretamente num ângulo de 90° com fachada Este, encontra-se a uma altitude solar de 38° com o eixo Z. Na máxima amplitude solar que ocorre exatamente às 12h a altitude solar é de 72,8° e incide perpendicularmente e a um ângulo de 180° com a fachada Sul. Com estes dados podemos determinar as dimensões que as proteções solares do edifício devem ter, de forma a serem eficazes na proteção da fachada e contenção de ganhos solares excessivos, durante a altura mais rigorosa de Verão. Os valores estão salientados nas tabelas 5.2 e 5.3 para facilidade de leitura.

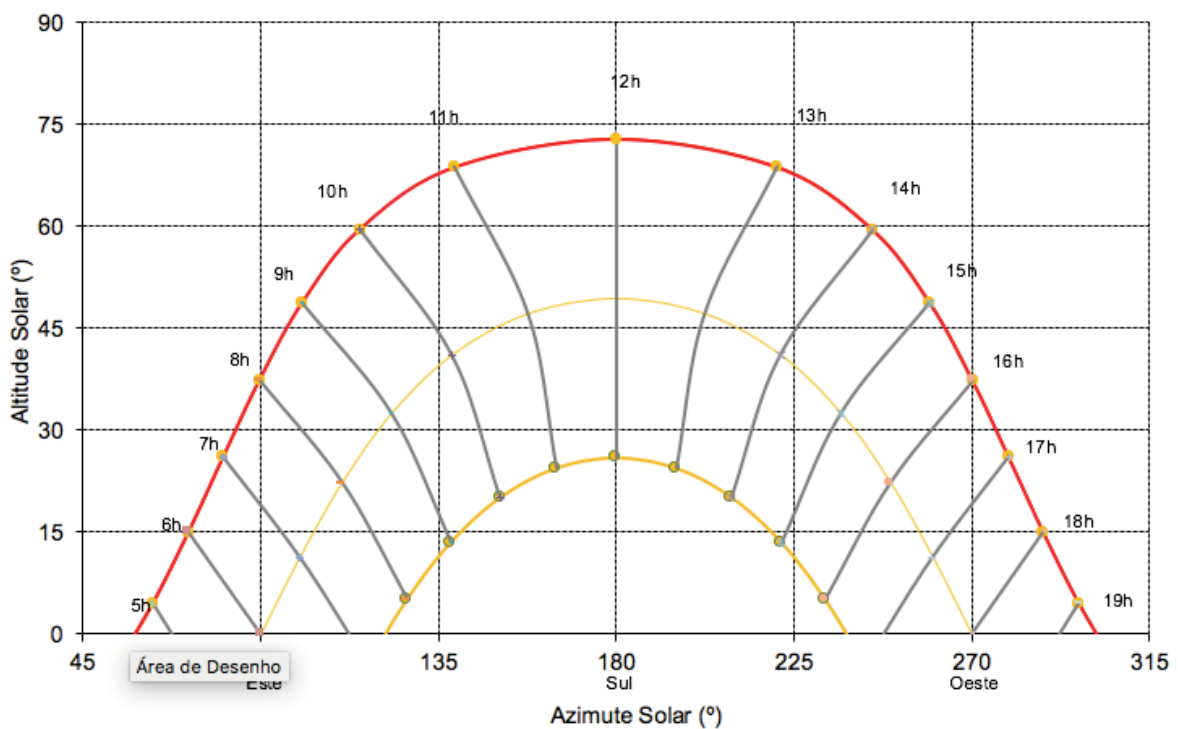


Figura 5.16 - Carta solar para latitudes de 40,60°N

Tabela 5.2 - Dados retirados da carta solar, relativamente à fachada Sul (latitude 40,60°N)

Fachada Sul	Solstício Verão	Solstício Inverno	Equinócios
Azimute Solar (Y)	180°	180°	180°
Altitude Solar (Z)	72,8°	26°	49,4°

Tabela 5.3 - Dados retirados da carta solar para a fachada Este e Oeste (latitude 40,60°N)

Fachada Este/Oeste	Solstício Verão	Solstício Inverno	Equinócios
Azimute Solar (Y)	90°/270°	-	90°/270°
Altitude Solar (Z)	37,4°	-	0°

### 5.3.4. Análise dos ventos predominantes

Tabela 5.4 - Velocidade média do vento por rumos

	Velocidade Média (Km/h)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Média
Janeiro	16,6	11,3	14,2	16,3	23	24,6	20,2	20,6	20,1
Fevereiro	17,7	12,3	14,2	20,5	23,6	27,7	26,1	18,7	15,4
Março	16,7	15,4	13,7	14,8	28,4	26,5	18,3	18,4	12,5
Abril	20,1	16,6	14,6	15,8	23,5	24,3	16,7	20,2	10,9
Maio	20,6	14,7	15,3	15,7	21,1	21,3	15,6	18,9	11,4
Junho	19	14,9	13,1	14,8	19	17,4	13,5	19,1	12,7
Julho	18,6	10,5	11,5	12,3	15,8	14,2	12,9	17,4	13,3
Agosto	18	9,7	11,1	10,1	18,2	15,1	12,8	18,6	21,7
Setembro	17	11,4	10	12,6	19,1	18,6	12,9	16,8	21,6
Outubro	15,8	10	8,9	13,1	21,9	19,2	14,8	17,1	17,1
Novembro	17,4	7,5	12,3	16,1	23,2	20,1	13	18,1	19,5
Dezembro	15,2	17	14,5	16,1	24,2	27,4	21,7	21,8	20,9
Ano	18,2	12,8	13,2	15,9	22,5	21,7	16,3	18,6	16,4
Frequência do vento	27,2 %	2,9%	5,4%	8%	9%	7,5%	8,1%	15,5%	

Segundo dados retirados da estação meteorológica de São Jacinto os ventos predominantes verificam-se a Norte (27,2%) e Noroeste (15,5%) enquanto que os ventos das outras direções apresentam probabilidades de ocorrência bastante mais reduzidas (Tabela 5.4).<sup>67</sup> A velocidade média do vento é moderada e constante ao longo do ano e em todas as direções. Os ventos predominantes (Norte) apresentam ao longo de todo o ano uma ocorrência superior a 30% entre os meses de Abril e Agosto. Já os ventos Noroeste são predominantes sobretudo no período Primavera-Verão. Quanto à velocidade média mínima dos ventos, esta acontece em Abril (10,9 km/h) e aumenta gradualmente até Agosto onde atinge o seu máximo (21,7 km/h).

### 5.3.5. Análise da precipitação e evaporação

A precipitação depende não só da altitude e da época do ano, mas também do relevo e de outros fatores fisiográficos locais. A precipitação media anual na estação climatológica de São Jacinto foi de 960,6 mm e o valor mais elevado foi registado no mês de dezembro com 144,5 mm. O valor mais reduzido registou-se no mês de julho, com 8,8 mm. A precipitação máxima diária, no entanto, registou-se no mês de maio, com 173.0 mm.

<sup>67</sup> C.M. Ílhavo - Revisão PDM Municipal, Estudos de Caracterização, p.6

## 5.4. Mértola, distrito de Beja (I1-V3)

É um concelho pertencente ao distrito de Beja (Figura 5.17) e enquadra-se segundo o NUTS III na região do Baixo Alentejo. É uma vila com cerca de 2000 habitantes e localiza-se na margem direita do rio Guadiana. É uma cidade repleta de história que se dissolve por entre mais de um quilómetro de muralhas. Foi outrora uma cidade sob o domínio islâmico, romano, fenício e cartaginense, funcionando na altura sobretudo como entreposto comercial.

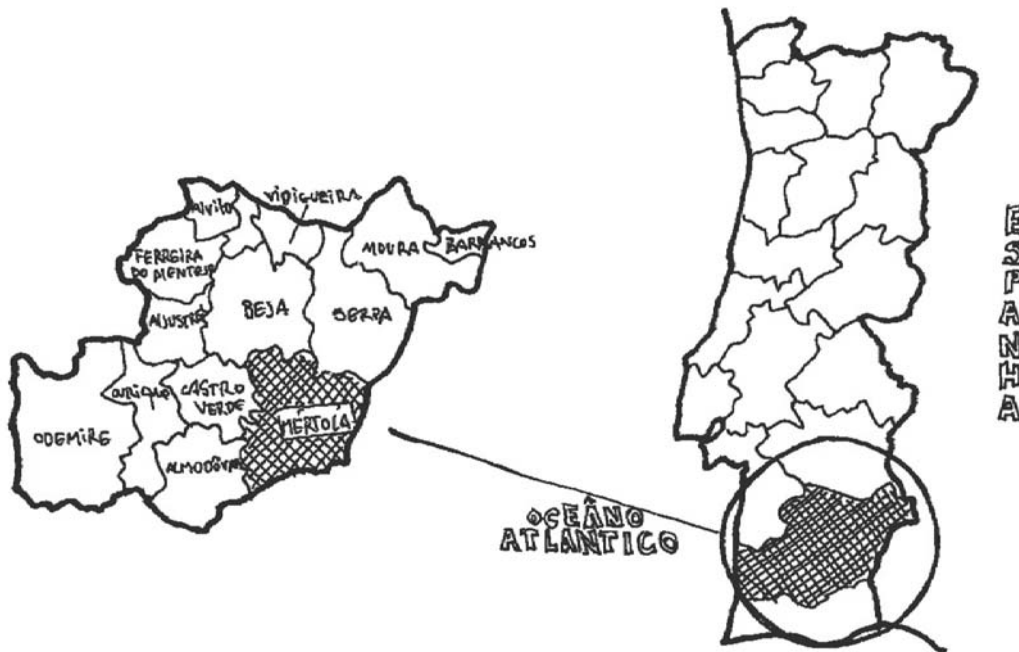


Figura 5.17 - Localização de Mértola no distrito de Beja

### 5.4.1. Características arquitetónicas

Denota-se uma generalidade de edificações com uma cêrcea baixa, normalmente com um ou dois pisos com acabamento em cal branca. A cal adotou-se como forma de restrição dos ganhos solares excessivos, devido às suas propriedades de reflexão da radiação solar característica das superfícies de cor branca. A terra, por ser um material abundante e com boa inércia térmica, era frequentemente utilizada na construção de paredes em taipa ou adobe. Por outro lado, é também um material com elevada condução térmica e desta forma começou a cair em desuso. Em algumas zonas foram implementadas técnicas mistas de sobreposição de materiais e passou a utilizar-se com mais frequência o tijolo. Recorria-se frequentemente à vegetação (azinheiras, sobreiros ou oliveiras) como técnicas passivas de sombreamento natural.

Os principais elementos construtivos caracterizadores da arquitetura local eram sobretudo os telhados mouriscos, as chaminés lisas e as paredes caiadas de branco que se inserem num conjunto quase padronizado de edificações separadas por pequenas ruelas estreitas e escalonadas em socalcos que permitem observar os contínuos telhados das casas cada vez mais próximas do Guadiana (Figura 5.18 e 5.19).



Figura 5.18 - Vista geral da cidade de Mértola



Figura 5.19 - Edifício de Mértola

### 5.4.2. Características climáticas regionais

A proximidade da cidade com a margem do rio Guadiana promove um meio de refrigeração passiva através do arrefecimento evaporativo. Nestas zonas (Figuras 5.20 e 5.21) as exigências de Verão carecem de mais atenção relativamente às exigências de Inverno. São zonas onde o clima é seco e de influência continental onde se verificam grandes amplitudes térmicas. Nesta localização a precipitação é relativamente baixa durante grande parte do ano.



Figura 5.20 - Zonas Climáticas I1 e V3, respetivamente

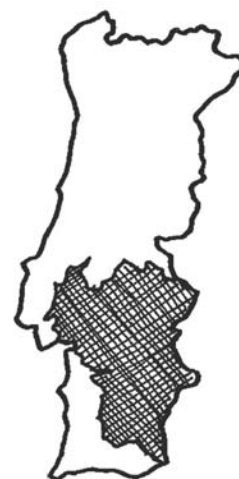


Figura 5.21 - Zona Climática I1-V3

Sabe-se que para estas zonas climáticas é aconselhável: (Gonçalves, 2004) <sup>68</sup>

- De Inverno, restringir a condução térmica optando pela utilização de paredes exteriores que promovam uma inércia térmica forte e além disso promover os ganhos solares.
- Durante o Verão, é de extrema importância restringir os ganhos solares de forma a evitar sobreaquecimento.
- Devem ser projetados sistemas de sombreamento para os envidraçados de forma a evitar ganhos solares excessivos. A utilização de fontes de água ajuda ao arrefecimento da temperatura do ar e torna o ambiente mais húmido.

<sup>68</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p.16-18

## 5.5. Montalegre, distrito de Vila Real (I3-V1)

O concelho de Montalegre (Figura 5.22), pertencente ao distrito de Vila Real enquadra-se segundo o NUTS III na região de Alto Trás-os-Montes. É sede de município, abrange uma área de 805km<sup>2</sup> e a sua população é de cerca de 10500 habitantes. A norte, faz fronteira com Espanha e cerca de 26% do seu território é abrangido pelo parque nacional da Peneda-Gerês.

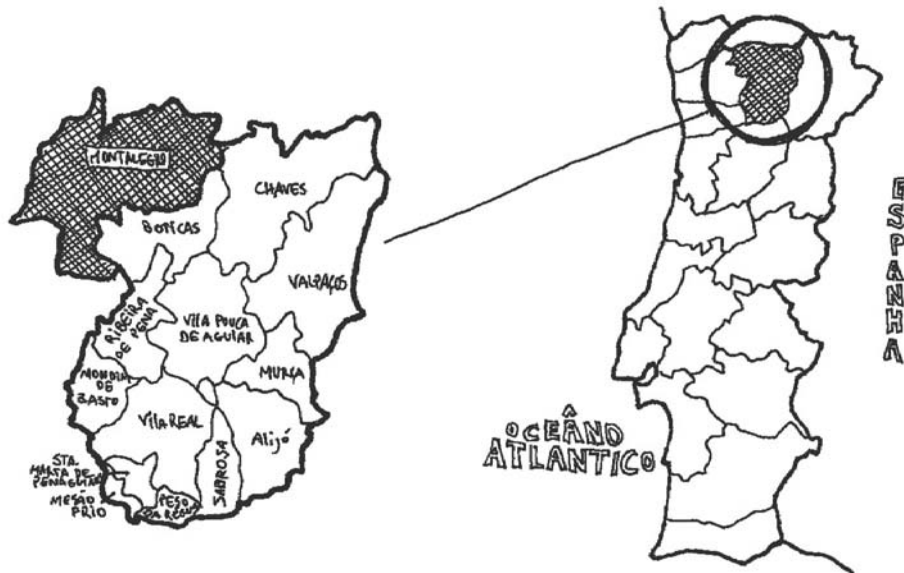


Figura 5.22 - Localização de Montalegre no distrito de Vila Real

### 5.5.1. Características arquitetónicas

Primitivamente eram utilizados com regularidade materiais originários da região. O xisto, o granito, o barro e a madeira eram materiais bastante utilizados nas casas beirãs (Figuras 5.23 e 5.24). As paredes exteriores erguiam-se sobre calhaus rolados enquanto que no interior era utilizada madeira, tanto no soalho como nas paredes. Estas casas normalmente tinham dois pisos. No primeiro localizava-se o curral e os arrumos que ajudavam no aquecimento durante o Inverno e no piso superior desenvolvia-se o espaço habitável, composto por uma cozinha e dois quartos.<sup>69</sup> A utilização da pedra na envolvente exterior permitia acumular a radiação solar nos períodos de sol diários de forma a libertá-la durante a noite. Da mesma forma evitavam-se as perdas térmicas reduzindo-se o número de vão das habitações. O tipo de habitação tradicional de cada região ergue-se segundo um motivo social e económico e reflete o tipo de atividade praticada pela população local. Neste caso denota-se uma ligação à agricultura e à pecuária, atividades estas de cariz mais sedentário, o que permitia à população estabelecer-se numa habitação mais sólida, em pedra, porque certamente iriam permanecer toda a sua vida no mesmo local (contrariamente aos pescadores de Ílhavo). O piso superior, de habitação, era construído sobre estábulos ou lojas para que o calor destes aquecesse a habitação. Era assim uma estratégia passiva de aquecimento, bastante utilizada e indispensável à satisfação das necessidades mínimas de conforto térmico daquela zona.

<sup>69</sup> Cultura, Língua e Comunicação - Culturas de Urbanismo e Mobilidade, p.12-13



Figura 5.23 - Casa típica beirã



Figura 5.24 - Casa típica beirã

### 5.5.2. Características climáticas regionais

Nas regiões coincidentes à caracterização I3-V1 (Figuras 5.25 e 5.26) as exigências de Inverno são muito maiores comparadas às de Verão. Por norma são regiões com amplitudes térmicas muito elevadas, onde também se regista alguma precipitação (IPMA, 2013) <sup>70</sup>. Estas zonas implicam sobretudo que o edifício seja capaz de captar bastante radiação solar e acumulá-la. Algumas estratégias indicam que: (Gonçalves, 2004) <sup>71</sup>

- Durante o período de aquecimento é importante restringir a condução térmica e ao mesmo tempo promover os ganhos solares na fachada orientada a Sul e estes devem estar sempre associados a uma boa massa de armazenamento térmico através de materiais com inércia forte.
- Uma boa opção construtiva são os sistemas solares passivos de aquecimento uma vez que ajudam na climatização do edifício e reduzem o consumo energético associado.
- Durante o período de arrefecimento as preocupações são menores, mas ainda assim importantes.
- A restrição de ganhos solares excessivos deverá ser bem analisada, porém, uma vez que as condições de Inverno se sobrepõem às de Verão, deve haver especial cuidado no tipo de sombreamento a utilizar.

<sup>70</sup> IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera - Boletim Climatológico Mensal, p.4-13

<sup>71</sup> GONÇALVES, Hélder - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, p. 25-27



Figura 5.25 - Zonas Climáticas I3 e V1, respetivamente



Figura 5.26 - Zona Climática I3-V1

## 5.6. Diferenças entre os locais de translação do edifício

Após uma breve caracterização das regiões climáticas para translação do edifício serão agora comparados valores relativamente ao local inicial. Estas diferenças serão a base justificativa para as alterações a efetuar no processo de translação. Em primeiro lugar comparam-se as temperaturas médias do ar exterior, nos quatro meses de mais destaque (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 - Temperatura média do ar

Temperatura Média do Ar	Ílhavo	Mértola	Montalegre
Março	13°C	13°C	6°C
Junho	19°C	23°C	17°C
Setembro	17°C	21°C	16°C
Dezembro	13°C	13°C	8°C
Amplitude Térmica dos meses em análise	6°C	10°C	11°C

Denota-se que a região climática de Mértola assume temperaturas médias mais elevadas enquanto Montalegre se destaca pelo oposto. Tal como nos edifícios do plano dos centenários, será utilizada a mesma forma base no edifício, no entanto serão alterados pormenores construtivos que visam a melhor eficiência e adaptação do edifício às condicionantes externas. De forma a responder a estas alterações de clima e temperatura poderão ser modificados por

exemplo, o tipo de isolamento térmico conforme cada região. Outra grande diferença entre as três regiões é a necessidade de captação de ganhos solares. Como se verifica na tabela 5.5, a necessidade de aquecimento é tão maior em Montalegre como a necessidade de arrefecimento em Mértola, tomando como valores de referência os níveis de conforto internos de 18°C durante o Inverno e 24°C durante o Verão. Neste caso a necessidade de abertura de vãos a Sul na região fria é muito importante, não obstante a abertura de vãos a Sul nas outras regiões. A necessidade de sombreamento aumenta sobretudo na região de Mértola. Mas para se obter uma ideia concreta das necessidades solares de cada local bem como a diferença nas amplitudes solares ao longo do ano, serão comparadas as informações retiradas das cartas solares, de ambas as latitudes relativamente à região de Ílhavo.

Analisando a carta solar correspondente à latitude de 36,5°N (Figura 5.27) verifica-se que no solstício de Verão (21 de Junho) o sol nasce a nordeste, relativamente próximo das 5h e faz com o eixo Y (norte) um ângulo de 62,5° e com o eixo Z (terra) um ângulo de aproximadamente 4,5°. Por volta das 8h20, altura em que o sol incide diretamente num ângulo de 90° com fachada Este, encontra-se a uma altitude solar de 41° com o eixo Z. Na máxima amplitude solar que ocorre exatamente às 12h a altitude solar é de 77° e incide perpendicularmente num ângulo de 180° com a fachada Sul. Com estes dados podemos determinar as dimensões que as proteções solares do edifício devem ter nesta região climática, de forma a serem eficazes na proteção da fachada e contenção de ganhos solares excessivos, durante a altura mais rigorosa de Verão. Na Figura 5.28 observa-se a carta solar para latitude de 42°N. Nas tabelas 5.6 e 5.7 são comparados os valores entre cada uma das regiões, em ambas as fachadas - Sul, Este e Oeste.

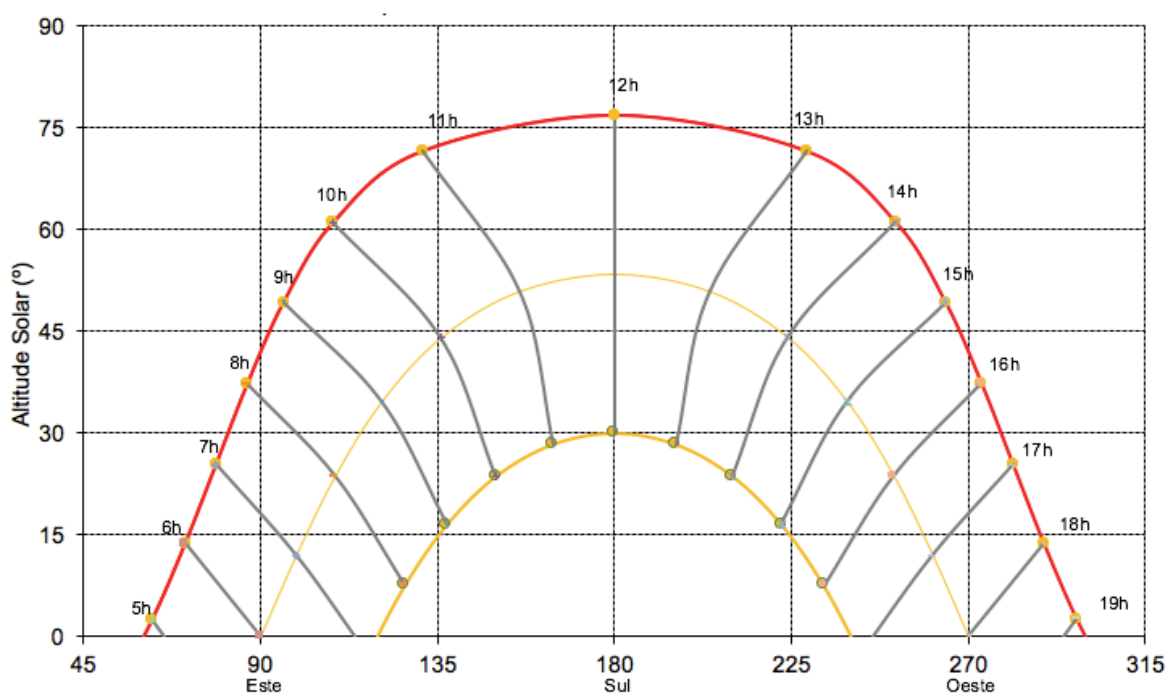


Figura 5.27 - Carta solar para latitudes de 36,5°N

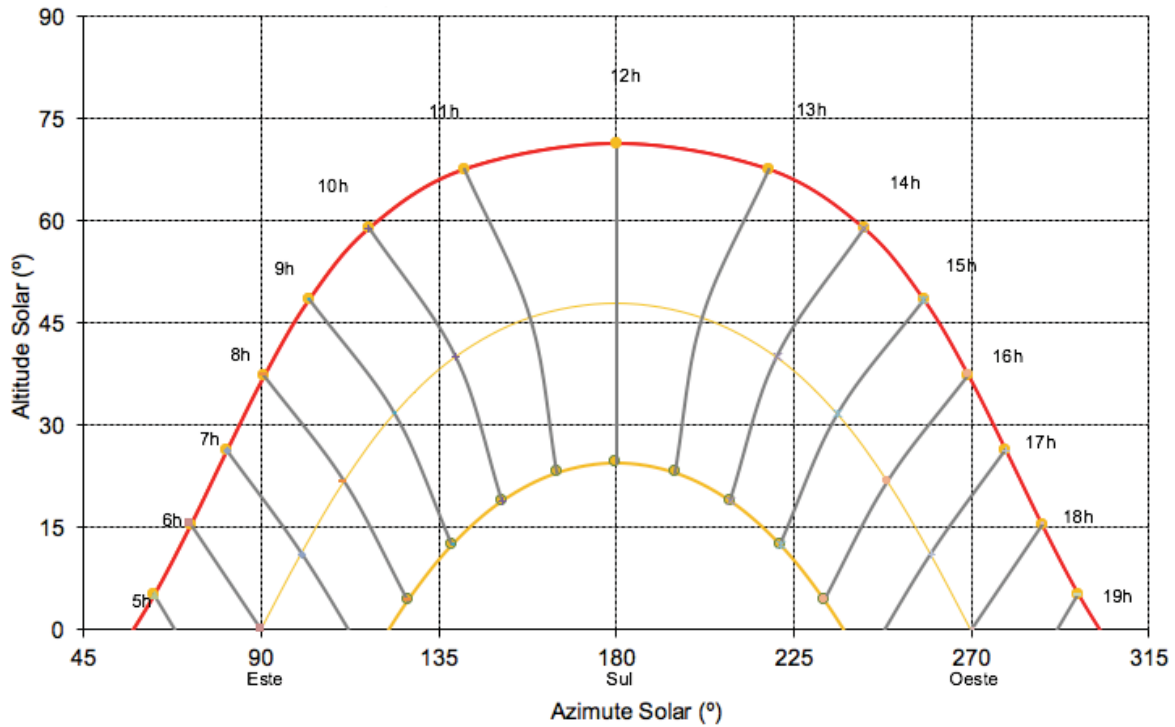


Figura 5.28 - Carta solar para latitudes de 42°N

Tabela 5.6 - Comparação dos dados retirados da carta solar para a fachada Sul (amplitude solar)

Fachada Sul	Solstício Verão	Solstício Inverno	Equinócios
Ílhavo	72,8°	26°	49,4°
Mértola	77°	30°	53,5°
Montalegre	71,4°	24,6°	48°

Tabela 5.7 - Comparação dos dados retirados da carta solar para a fachada Este/Oeste (amplitude solar)

Fachada Este/Oeste	Solstício Verão	Solstício Inverno	Equinócios
Ílhavo	37,4°	-	0°
Mértola	49,3°	-	0°
Montalegre	37,4°	-	0°

Observa-se na tabela 5.8 que a precipitação média mensal é superior na região de Montalegre e consecutivamente é inferior na região de Mértola. Ílhavo é a região intermédia, mas ainda assim regista níveis significativamente altos de precipitação. No total de precipitação média anual Mértola regista 435 mm, Montalegre regista 1354 mm e Ílhavo 1020 mm.

Tabela 5.8 - Precipitação média mensal (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Ílhavo	141	126	82	92	77	40	11	16	52	114	137	132	1020
Mértola	53	55	50	32	24	15	3	1	14	56	67	65	435
Montalegre	180	175	140	108	95	63	24	27	68	125	172	177	1354

Nas tabelas seguintes (Tabela 5.9 e 5.10) demonstra-se o registo das estatísticas de referência das necessidades nominais de energia útil durante a estação de aquecimento e arrefecimento, recorrendo aos métodos descritos na Norma EN ISO 13790:2008 e, adaptados à legislação e exigências climáticas portuguesas.

Tabela 5.9 - Estatísticas de referência para a estação de aquecimento

NUTS II	z	Lat.	Long.	M		GD (18)		$\theta_{ext, i}$		$G_{SUL}$
	m	°N	°W	Meses	Meses/km	°C	°C/m	°C	°C/km	kWh/m <sup>2</sup> por mês
	REF	REF	REF	REF	a	REF	a	REF	a	REF
Alto Trás-os-Montes	680	41,62	7,07	7,3	0	2015	1,4	5,5	-4	125
Baixo Vouga	50	40,63	8,57	6,3	2	1337	1,1	9,5	-5	140
Baixo Alentejo	178	37,89	7,87	5,0	0	1068	1,0	10,7	-2	155

Tabela 5.10 - Estatísticas de referência para a estação de arrefecimento

NUTS II	$\theta_{ext, v}$		$I_{sol REF}$								
	°C	°C/km	kWh/m <sup>2</sup> (acumulado de Junho a Setembro)								
	REF	a	0°	90°N	90°NE	90°E	90°SE	90°S	90°SW	90°W	90°NW
Baixo Vouga	20,6	-2	810	220	355	490	490	420	490	490	355
Alto Trás-os-Montes	21,5	-7	790	220	345	480	485	425	485	480	345
Baixo Alentejo	24,7	0	855	225	370	510	495	405	495	510	370

Posto isto, recolheu-se informação importante para o desenvolvimento do próximo capítulo, onde a partir das informações climáticas locais será desenvolvido o objeto de estudo.



## 6. OBJETO DE ESTUDO

(Memória Descritiva)

*“(...)sem esquecer que o desenho de um edifício é sempre um ato criativo que propõe espaços, formas e materiais, numa interação com o utilizador que ultrapassa a mera expressão básica de usos e funções.”*

**Pedro Cabrito**

## 6.1. Definição do Módulo

Proveniente do latim “*modulus*”, representa a unidade de medida que relaciona as diversas partes de uma construção arquitetónica. Na arquitetura clássica o módulo representava a medida correspondente ao raio das colunas, assim, quando se afirma que uma coluna tem catorze módulos entende-se que a sua altura é equivalente a catorze vezes a medida do seu raio.

A arquitetura modular baseia-se num método de abordagem ao projeto onde são utilizados elementos construtivos dimensionados a partir de uma medida padrão. Devido a este fator, a facilidade e a rapidez de execução são bastante favorecidas, uma vez que os materiais possuem todas as características construtivas semelhantes e adaptadas diretamente ao projeto. Existe então uma standardização dos elementos construtivos. Por outro lado, o módulo pode representar o espaço ou compartimento, que quando multiplicado origina o todo, o conjunto arquitetónico. O módulo adotado na conceção do objeto de estudo (Figura 6.1) consiste em divisões regulares, quadrangulares, de 100 x 100 cm, multiplicadas de forma a obter um espaço com proporções adequadas à colocação das várias zonas habitacionais. O módulo é então capaz de ser multiplicado e dividido múltiplas vezes, mantendo dimensões regulares. O espaço modular <sup>72</sup> tem no total 24 módulos inteiros, totalizando uma área bruta de 24 m<sup>2</sup> para que dessa forma se formem conjuntos com medidas adequadas à habitabilidade do espaço. Dividindo-o (espaço modular) pela metade, obtêm-se dimensões confortáveis para cada compartimento sem ultrapassar o limite do exagero. Ao mesmo tempo que se pretende obter conforto espacial também se pretende que o espaço interior seja de dimensões reduzidas.

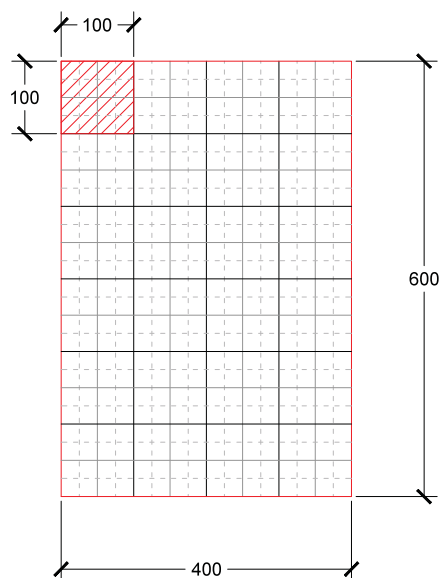


Figura 6.1 - Dimensões (em centímetros) da unidade modular e do espaço modular.

<sup>72</sup> Entende-se por Espaço Modular, o espaço habitável composto pelos 24 módulos de 100 x 100 cm.

## 6.2. Organização do espaço

De forma a demonstrar a versatilidade do objeto de estudo irá ser proposto inicialmente um modelo T1 como elemento de base de estudo e posteriormente a sua ampliação para uma tipologia T2. Estes modelos descrevem conceptualmente um certo tipo de realidade social de grande parte das pessoas que não se enquadram num modo de vida sedentário. Na cidade da Covilhã existem várias habitações de tipologia T1, ocupadas sobretudo por estudantes e profissionais liberais que estão na Covilhã durante curtos períodos de tempo.

“Em Portugal a dimensão média das famílias reduziu significativamente em 50 anos, passando de 3,8 pessoas por família, em 1960, para 2,6 pessoas, em 2011. O casal continua a ser a forma predominante de organização da vida familiar (62% das famílias em 1960 e 59% em 2011). Nos últimos 50 anos assistiu-se ao aumento do peso relativo dos casais sem filhos (de 15% em 1960, para 24% em 2011), dos núcleos familiares monoparentais (de 6% em 1960, para 9% em 2011) e das pessoas que vivem sós (de 12% em 1960, para 20% em 2011) e à diminuição do peso das famílias complexas (de 15% em 1960, para 9% em 2011).” (INE, 2013) <sup>73</sup> Analisando esta estatística assume-se claramente uma dinâmica social em que as famílias são mais reduzidas e partindo desta premissa optou por se desenvolver apenas habitações de tipologia T1 e T2.

### 6.2.1. Espaço interior

A organização espacial do objeto de estudo parte da junção de vários espaços modulares, cada um com uma função distinta. É proposto na página seguinte um conjunto de opções, desenhadas a partir das dimensões do espaço modular. Podemos ver na Figura 6.2 algumas opções para composições espaciais, onde a diferente conjugação dos espaços originará na caracterização da tipologia da habitação.

*“A pura e simples teoria do “espaço interno” pode gerar, nas mentes menos experientes, mais desprovidas de senso crítico e pouco a par dos precedentes, uma certa confusão. A primeira distinção a ser feita é que “espaço interno” é uma expressão que pode referir-se a espaços, tipos e funções diversas, desde o “espaço áulico” do monumento arquitetónico - como o foi, por exemplo, a catedral gótica - até à casa operária (casa “mínima”). Tal espaço está em função do homem, o qual, sendo quem constrói a “arquitetura” para depois nela morar, se deslocar, como protagonista daquilo que criou e, movendo-se dentro dela e, ao sair dela, fora, continua a sua aventura “arquitetónica” (...) não mais lá dentro mas aqui fora.” (BOBARDI, 2002) <sup>74</sup>*

<sup>73</sup> INE - Famílias nos Censos 2011, Diversidade e mudança, p. 1

<sup>74</sup> COSTA, Frederico - Do Espaço Interno à Aventura: Teoria e Crítica Espacial no debate entre Lina Bo Bardi e Bruno Zevi, p. 7

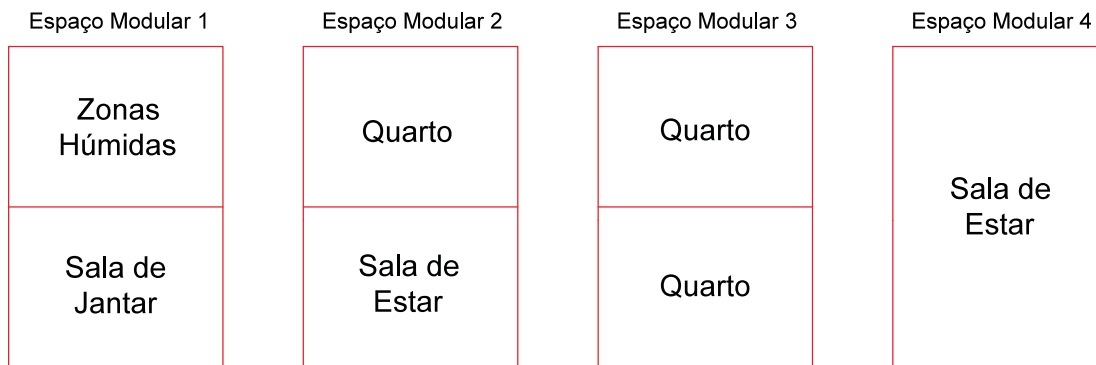
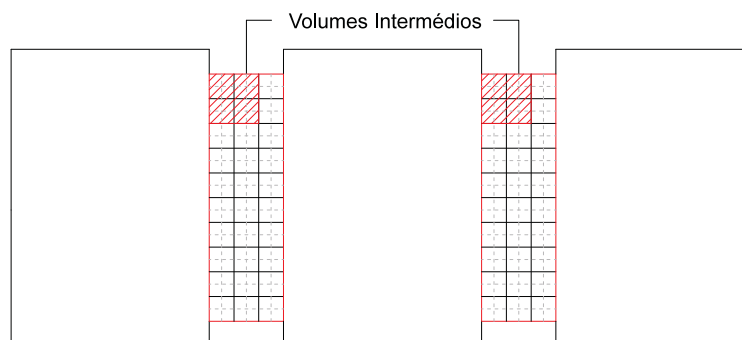


Figura 6.2 - Distribuição de usos dentro dos espaços modulares

- **Espaço Modular 1** - Neste espaço serão instaladas todas as zonas húmidas (cozinha, instalações sanitárias e sala técnica <sup>75</sup>) de forma a otimizar a gestão do espaço das instalações técnicas.
- **Espaço Modular 2** - Aqui localizam-se zonas de permanência prolongada (sala de estar e quarto).
- **Espaço Modular 3** - Reservado à zona privada da edificação é composto por dois compartimentos de utilização temporária (quartos). As divisões são simétricas o que torna este espaço modular num espaço simples. É por norma utilizado durante a noite e inícios da manhã.
- **Espaço Modular 4** - Neste espaço modular localiza-se uma sala de estar com dimensões maiores, prevista para conjugação com a tipologia T2.

No intervalo entre os volumes e com o objetivo de criar conexão espacial entre eles optou por se adicionar volumes de exceção, denominados por volumes intermédios (Figuras 6.3 e 6.4). Estes seguem a mesma métrica modular e as suas dimensões foram pensadas para dar resposta à necessidade de salas de pequenas dimensões e a corredores de deslocação. As suas dimensões são de 5 módulos de comprimento por 1,5 módulos de largura.



<sup>75</sup> **Sala Técnica** - é composta por todos os equipamentos necessários à autonomia do edifício, desde equipamentos de recolha de águas pluviais, armazenamento de energia solar ou qualquer outro tipo de sistema elétrico.

Figura 6.3 - Diagrama de volumes intermédios (vista em planta)

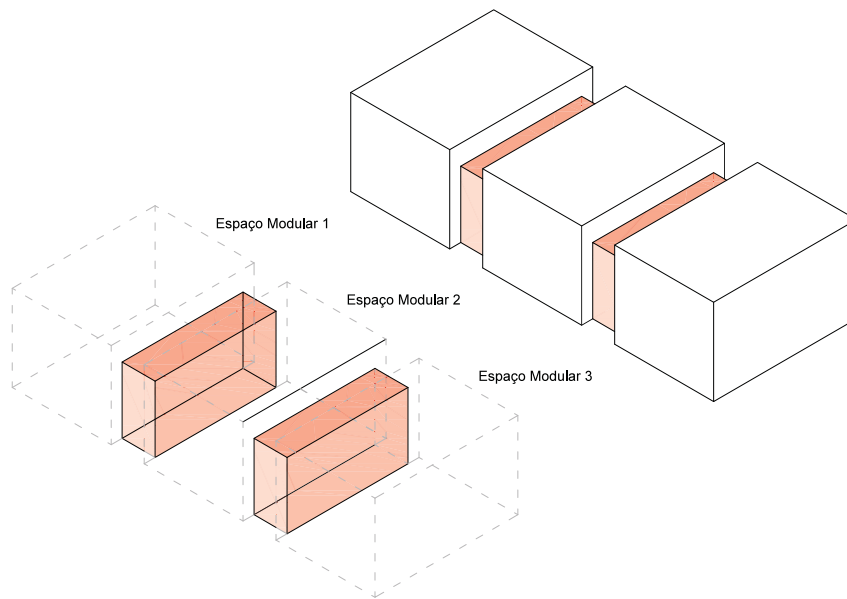


Figura 6.4 - Diagrama de volumetria base

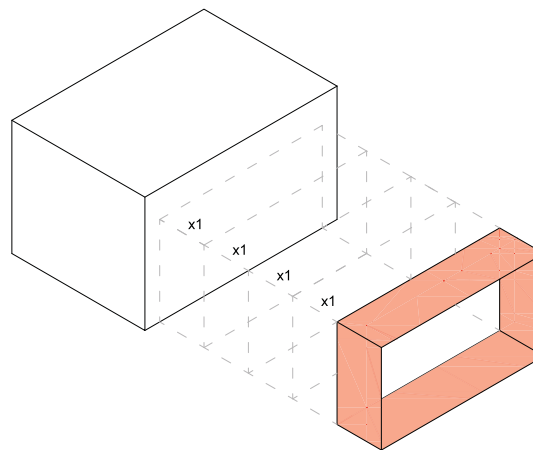


Figura 6.5 - Adaptação do espaço modular aos volumes intermédios e possibilidade de multiplicação.

O volume de referência é sempre o do espaço modular, querendo com isto dizer que o seu desenho interno influencia a circulação e distribuição dos espaços internos. Assim sendo, são os volumes intermédios que se mantêm constantes, tanto na forma como no método de ligação aos restantes corpos. Ambos os volumes são construídos segundo o mesmo método construtivo (em LSF <sup>76</sup>), mas no caso do volume intermédio, apenas possui quatro faces, as outras duas, abertas, unem-se ao módulo base através dos perfis metálicos que funcionam como vigas. Esta abordagem permite que a forma interna do edifício seja facilmente alterada através dos cheios e vazios do(s) espaço(s) modular(es). Além disso é ainda possível agrupar continuamente vários

<sup>76</sup> Método construtivo Light Steel Framing (consultar secção 4.4.3)

volumes intermédios, resultando num fácil aumento do espaço interno sem comprometer a forma do edifício, tal como podemos observar na Figura 6.5 (acima).

Na conjugação de espaços modulares dedicados à composição da habitação modular de tipologia T1 foram escolhidos os espaços modulares nº 1 e nº 2 (ver página 84) compostos pelas zonas húmidas (instalação sanitária completa e cozinha), sala de jantar, um quarto e uma sala de estar (Figura 6.6), conectados por um volume intermédio. Apresenta-se na Figura 6.7 o desenho em planta da habitação modular de tipologia T1. Aqui observa-se mais pormenorizadamente a forma como se pretendem interligar os espaços modulares, através do volume intermédio, que neste caso serve para aglomerar o hall de entrada e a sala técnica. Na Figura 6.8 podemos observar a organização espacial adotada para a habitação de tipologia T2. Desenvolvendo-se da mesma forma da tipologia T1, a tipologia T2 é, no fundo, uma ampliação. Colocou-se mais um espaço modular, que é conectado igualmente por um volume intermédio e forma mais um corpo. A conjugação de volumes conta com a escolha do espaço modular nº 1, nº 3 e nº4. Apesar da ampliação, este conjunto tem exatamente as mesmas características do primeiro, quer estéticas, quer construtivas.

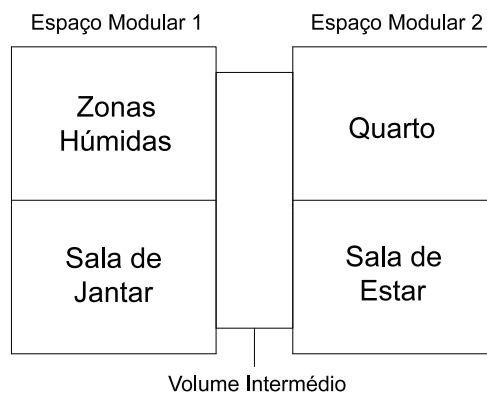


Figura 6.6 - Conjugação dos espaços modulares para a composição da habitação de tipologia T1

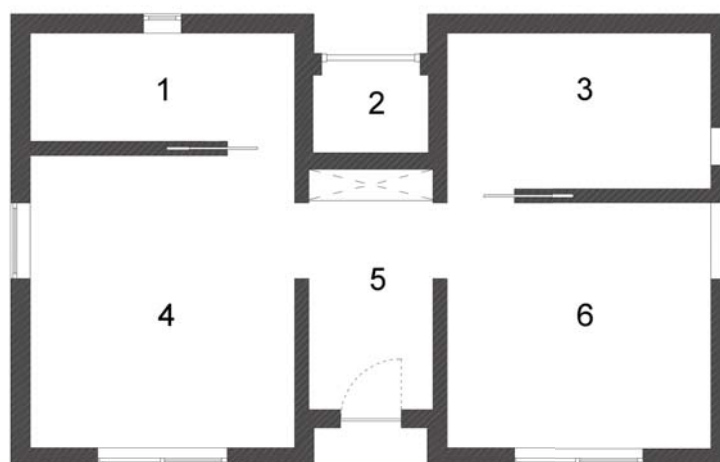


Figura 6.7 - Planta da tipologia T1 (escala: 1:100)  
 1) I.S.; 2) sala técnica; 3) quarto; 4) cozinha + sala jantar; 5) hall; 6) sala de estar;

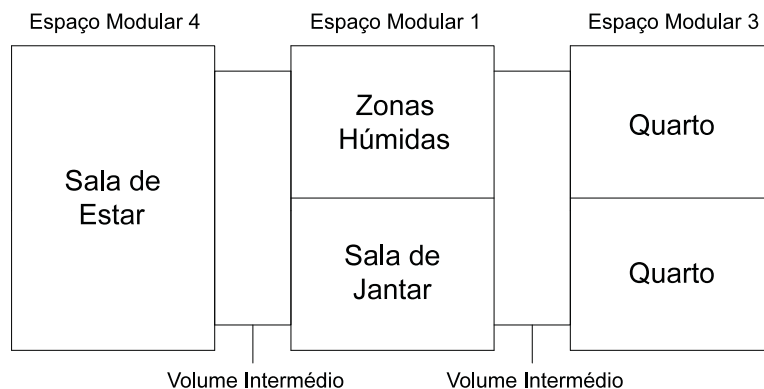


Figura 6.8 - Conjugação dos espaços modulares para a composição da habitação de tipologia T2

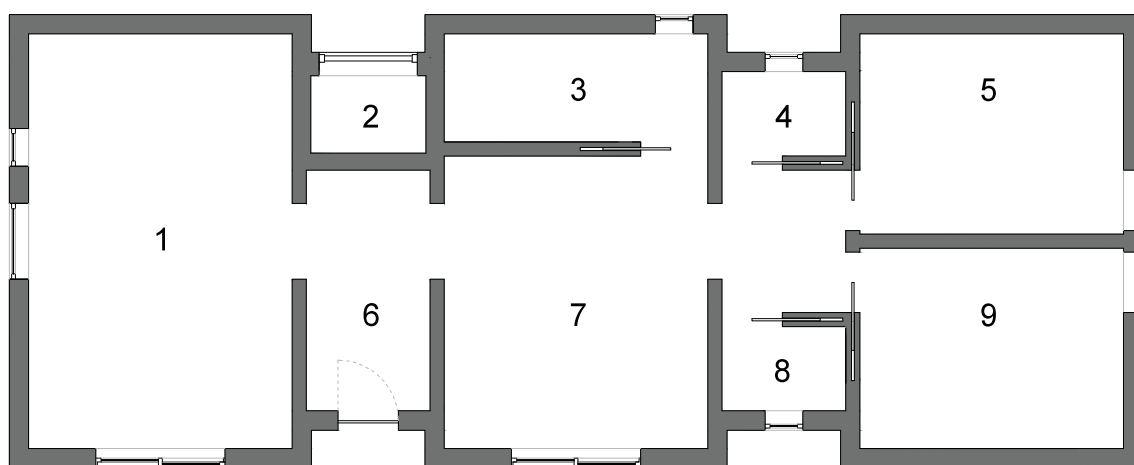


Figura 6.9 - Planta da tipologia T2 (escala 1:100)

1) sala de estar; 2) sala técnica; 3) I.S.; 4) I.S.; 5) quarto; 6) hall; 7) cozinha + sala de jantar; 8) lavandaria; 9) quarto;

### 6.2.2. Espaço exterior

Tal como o espaço interior, o espaço exterior exige um determinado cuidado no desenho. É importante criar espaços exteriores de permanência que otimizem as relações entre o interior e o exterior. A ideia base deste projeto relativamente ao espaço exterior é criar total mobilidade em volta do edifício. Para isso é adicionado a toda a volta um percurso com 100 centímetros de largura. Dessa forma, é possível a deslocação pedonal em torno do edifício ao mesmo tempo que torna possível o acesso coberto à sala técnica, que se encontra na parte traseira, ou seja, na fachada Norte. Aumentando os limites do edifício é possível manter a fachada livre, tornar as proteções passivas independentes do corpo principal, e em simultâneo evitar que estas interfiram com a estética do edifício. Inerente à fachada Oeste e associado à sala de estar, é concebido um espaço de estar exterior, que permite a colocação de mobiliário de exterior, possibilitando a permanência no local durante grande parte do dia, sobretudo nas estações mais quentes. Podemos ter uma visão pormenorizada da descrição anterior, na planta apresentada no Anexo I.

A habitação está elevada cerca de 60 centímetros acima do nível térreo (ver Anexo I), portanto colocaram-se 4 patamares de acesso. O primeiro (Figura 6.10/a) serve de entrada primária ao espaço exterior da habitação e representa a ligação entre a envolvente e o edifício. Permite ainda o acesso à sala técnica. Os dois patamares seguintes (Figura 6.10/b) de dimensões mais reduzidas funcionam única e exclusivamente como escadas de acesso ao último patamar, o patamar de entrada (Figura 6.10/c). Este patamar já se encontra ao nível do piso do edifício, nomeadamente ao nível da porta de entrada e estende-se ainda em torno da fachada Este e parte da fachada Norte.

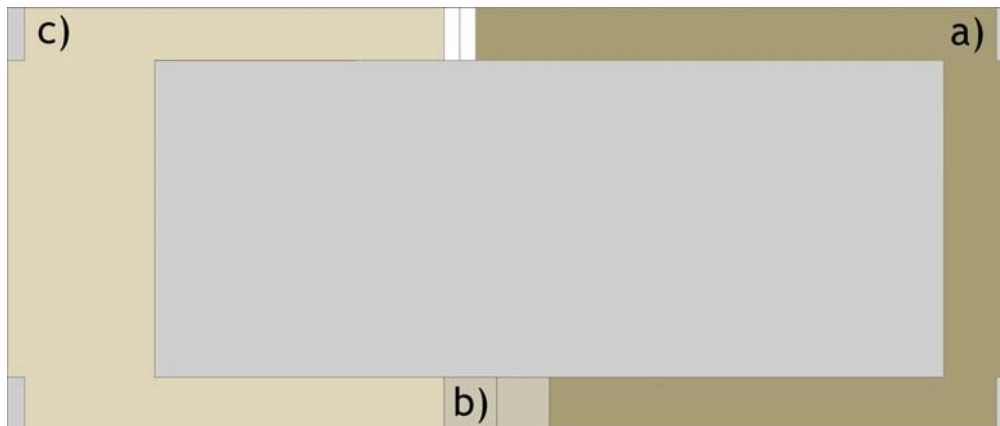


Figura 6.10 - Diagrama de espaços exteriores

### 6.3. Orientação das fachadas

De uma forma geral pretende-se que as zonas de permanência prolongada sejam orientadas a Sul de forma a captar a radiação solar necessária para atingir os níveis de conforto térmico desejados. Por outro lado, as zonas de permanência temporária serão orientadas no sentido oposto, por gerarem o seu próprio calor, mas também por funcionarem como zonas de amortecimento térmico. Na região climática de Ílhavo sabe-se que tanto as exigências de Inverno como as de Verão são menos rigorosas, comparadas com Montalegre ou Mértola, respetivamente. É necessária a captação de radiação solar durante grande parte do ano e necessário suprimi-la durante a outra parte. Sendo assim, a fachada sul terá a maior área de envidraçados. Estes envidraçados serão protegidos por palas horizontais, que como já analisado no Capítulo 5 terão medidas aproximadas de 100 cm nesta zona climática <sup>77</sup>. Nas fachadas Este e Oeste, como forma de sombreamento, optou-se pela utilização de vegetação uma vez que se enquadra na envolvente natural e permite um controlo moderado da radiação solar. Esta opção serve para a região climática de Ílhavo. A proposta para a região climática mais quente poderá sofrer alterações, sendo utilizados outros tipos de proteção, tais como as palas verticais. Estas, durante a estação de aquecimento poderão ser abertas, e fechadas durante a estação de arrefecimento.

<sup>77</sup> Estas medidas baseiam-se nos dados recolhidos da carta solar referente à região de Ílhavo, relativos à amplitude e altitude solar.

Na figura 6.11 está representada uma hipótese de implantação numa zona próxima ao mar, em Ílhavo. Na figura 6.12 representa-se um estudo da fachada Sul conforme referida anteriormente e na figura 6.13 observa-se a forma como irá funcionar o espaço exterior.



Figura 6.11 - Hipótese de implantação de uma tipologia T2, no concelho de Ílhavo (sem escala)



Figura 6.12 - Estudo de fachada Sul, sem escala

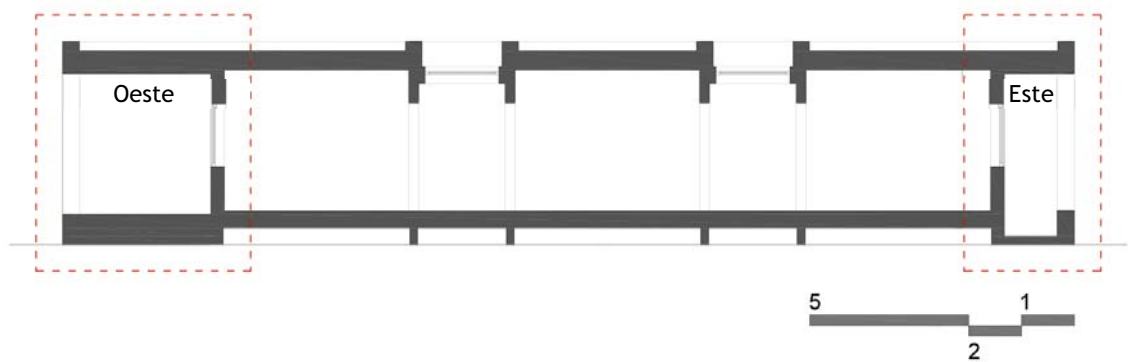


Figura 6.13 - Corte longitudinal, sem escala

## 6.4. Iluminação e arrefecimento naturais

Através da disposição ritmada dos elementos é possível encontrar uma dinâmica construtiva em que alternadamente se apresentam volumes padrão e volumes de exceção. Estes volumes de exceção, são os volumes intermédios, que para além de servirem de elo de ligação entre os vários espaços modulares também remetem a uma linearidade comunicativa entre o interior e o exterior, entre o céu e o solo. Dessa forma, encontrou-se uma outra utilidade prática para esses volumes. Como é possível observar na Figura 6.14, pretende-se que a parte superior seja aproveitada para captação de luz natural através de claraboias que transportam a luminosidade para os espaços centrais do edifício.

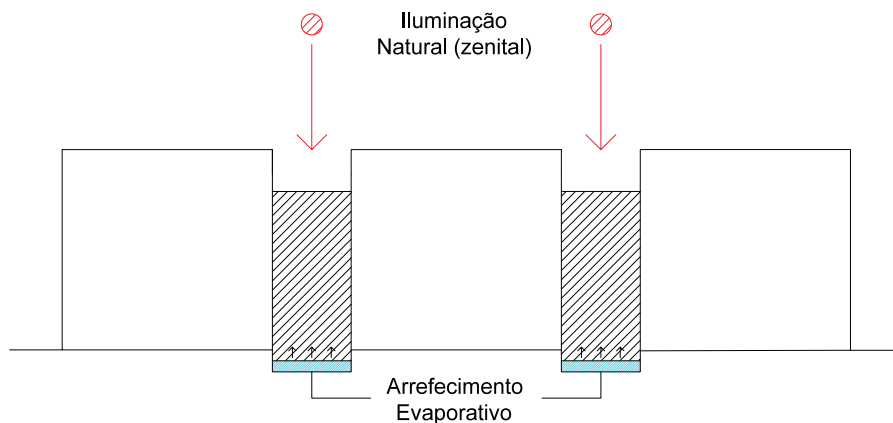


Figura 6.14 - Iluminação natural e arrefecimento evaporativo

Seguindo a mesma linearidade, pretende-se que os espaços inferiores sejam utilizados para a colocação de espelhos de água, que será armazenada durante o período em que há precipitação; durante a época quente funcionará como arrefecimento evaporativo (Figura 6.15). Ou seja, o ar quente que se desloca por baixo do edifício quando entra em contacto com a água tem tendência a arrefecer. Através de aberturas na base do edifício, esse ar arrefecido irá circular sob a laje de piso, num compartimento que funcionará como uma caixa de ar e dessa forma permite que a temperatura do piso baixe e conseqüentemente influencie a temperatura interior de todos os compartimentos. Para evitar que este sistema funcione durante a estação de aquecimento, as entradas de ar deverão ser fechadas.

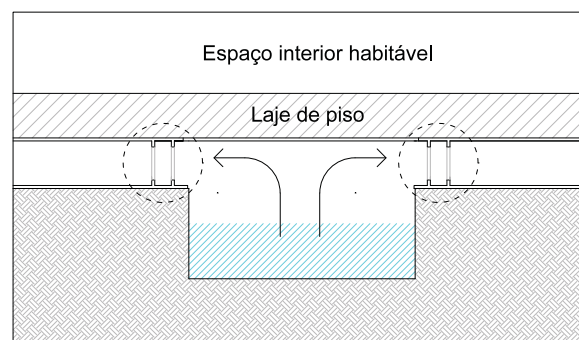


Figura 6.15 - Esquema representativo das entradas de ar

A forma simétrica do edifício permite que hajam várias hipóteses de criar ventilação cruzada na maioria dos compartimentos. Como se pode observar na Figura 6.16 são várias as movimentações de ar por todo o espaço interno do edifício.

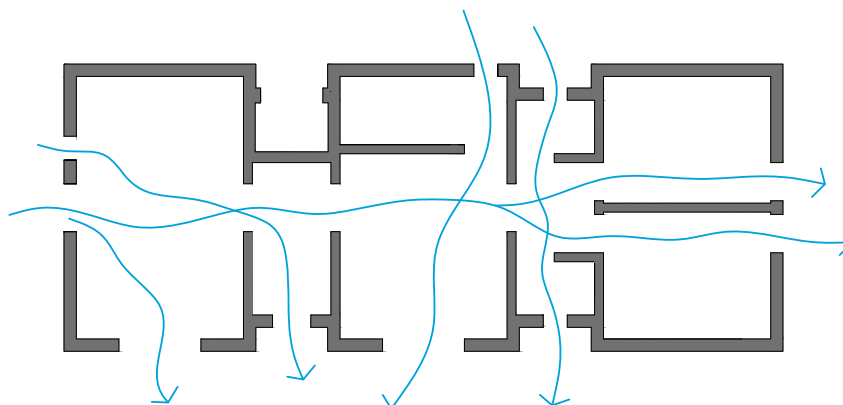


Figura 6.16 - Hipóteses de criação de ventilação cruzada

## 6.5. Escolhas construtivas

Como já referenciado anteriormente, o edifício será projetado segundo o sistema construtivo em “Light Steel Framing” ou utilizando um termo mais corrente, o sistema construtivo em “LSF”. Além de se ter vindo a afirmar no mercado construtivo ao longo dos últimos anos, é um método que oferece bastante versatilidade e se adequa perfeitamente à ideologia que está a ser desenvolvida, a pré-fabricação e a desmontagem. É ainda de fácil maneabilidade e permite uma rápida montagem/desmontagem. No decorrer de todo o processo criativo foram exploradas várias soluções arquitetónicas, variando entre elas a forma, o tipo de ligação e a espacialidade dentro e fora do edifício. Partindo da premissa de que nenhuma forma é perfeita, esta pensa-se que seja a mais homogénea dentro de todas as outras propostas exploradas. O espaço modular com área de 24 m<sup>2</sup> assume um carácter minimalista que permite o desenvolvimento todo o espaço habitacional num ambiente com dimensões reduzidas. Reduzindo a área interna automaticamente reduz-se a área que necessita de aquecimento e isso reflete-se tanto na eficiência energética do edifício como no seu custo final relativamente a uma habitação maior e com as mesmas características construtivas. É de relembrar que todos os desenhos e referencias ao projeto apresentados a seguir constam para a caracterização da habitação bioclimática base, ou seja, para a região climática de Ílhavo (I1-V1) e só posteriormente serão apresentadas soluções para variante, conforme as regiões climáticas já referidas. As soluções seguintes constam também para a caracterização da habitação de tipologia T2, uma vez que todo o processo construtivo inerente à ampliação/redução segue os mesmos parâmetros que serão demonstrados posteriormente, daí não haver a necessidade de se apresentarem os desenhos de ambas as tipologias. No entanto, esse conteúdo técnico será evidenciado em anexo, juntamente com todo o desenho técnico apresentado. O objeto de estudo consiste então numa habitação bioclimática modular construída através de materiais de origem pré-fabricada, que serão montados “*in-loco*” e que assumem a possibilidade de serem desmontados e trasladados. A ideia de ser possível trasladar o edifício é vista como uma

característica extra do projeto e não como uma metodologia recorrente, uma vez que este processo exige recursos para ser exequível e caso fosse invocado frequentemente eliminaria grande parte das características sustentáveis do projeto. A mais valia desta solução é essencialmente a sua adaptabilidade aos modos de vida cada vez mais nómadas e inconstantes, permitindo eventualmente, que os utilizadores se desloquem para outro local durante um longo período de tempo e tenham a opção de transportar consigo a sua habitação. Numa visão utópica de futuro pode-se sugerir que ao invés de existir um espaço de implantação, o conjunto modular poderia ser agrupado a outras tipologias existentes, formando uma espécie de comunidade.

### 6.5.1. Caracterização da envolvente externa

Seguindo a metodologia referenciada em fontes de pesquisa relativas a fornecedores de materiais de construção em LSF <sup>78</sup> sabe-se que o edifício será primariamente erguido sobre uma estrutura metálica que irá funcionar como o esqueleto de suporte. Esta estrutura geralmente é aparafusada a uma base em betão armado (ensoleiramento geral), que serve de suporte à estrutura. Neste caso isso não será realizado, uma vez que o betão, como já foi referenciado, não passa pelas opções construtivas escolhidas. Uma vez que não será utilizado o ensoleiramento geral, a opção escolhida foi a utilização de pilares ajustáveis que serão fixos a blocos de betão. Aqui, justifica-se a utilização dos blocos de betão uma vez que há a possibilidade de reutilização. Os pilares ajustáveis permitem o ajuste e adaptação à implantação nos vários tipos de terreno. Posto isto, será agora descrita e caracterizada a envolvente externa

#### 6.5.1.1. Parede exterior vertical

A parede exterior vertical é composta de dentro para fora por:

- Placa de OSB (interior) de 18 milímetros que será fixa à estrutura metálica;
- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa OSB (exterior) de 18 milímetros, igualmente fixa à estrutura metálica;
- Sistema construtivo em capoto:
  - Argamassa de colagem com 10 milímetros;
  - Isolamento térmico em XPS com 40 milímetros;
  - Argamassa de revestimento com 10 milímetros;
  - Rede de reforço em fibra de vidro
  - Primário de acabamento
  - Acabamento final em reboco branco <sup>79</sup>

<sup>78</sup> Fonte: Blink House e 4Archi - Casas Modulares

<sup>79</sup> Optou-se pela colocação de cores claras de forma a refletir a quantidade excessiva de radiação solar durante os períodos de arrefecimento.

### 6.5.1.2. Parede interior vertical

A parede interior vertical é composta, geralmente, por:

- Placa de OSB com 18 milímetros;
- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa de OSB com 18 milímetros;

A parede interior vertical é composta, em zonas húmidas, por:

- Azulejo com 8 mm, na face em contacto com a zona húmida;
- Placa de OSB com 18 milímetros;
- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa de OSB com 18 milímetros, no caso de zonas não húmidas;

### 6.5.1.3. Vãos envidraçados

Todos os vãos envidraçados serão construídos segundo o mesmo processo construtivo. A janela com caixilharia de alumínio e vidro duplo temperado, assenta num perfil metálico com 5 mm de espessura e com inclinação necessária para escoamento de água. As ombreiras têm acabamento em OSB pelo interior, sendo que a caixilharia trabalha pelo exterior do vão. As padieiras dos vãos têm o acabamento OSB, pelo interior e pelo exterior é colocado um perfil metálico. No caso dos vãos maiores, quando a caixilharia é contínua até ao piso, é colocada pedra granítica na soleira, cortada à medida.

### 6.5.1.4. Laje de Cobertura

A cobertura segue o mesmo método construtivo. As vigas são substituídas pela estrutura autoportante e ligadas à estrutura da parede. É possível observar em corte, em Anexo I, ambos os tipos de cobertura, tanto para o espaço modular, como para o volume intermédio. No módulo principal (espaço modular) é utilizada uma cobertura plana normal, característica deste método construtivo. É composta do interior para o exterior por:

- Placa de OSB (interior) de 18 milímetros que será fixa à estrutura metálica;
- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa OSB (exterior) de 18 milímetros, igualmente fixa à estrutura metálica;
- Tela impermeabilizante aplicada a quente;
- Isolamento térmico em XPS, com 40 milímetros de espessura;
- Argamassa de regularização com um pendente de 2%;
- Cobertura em chapa metálica zincada com 10 milímetros;

A cobertura na zona do volume intermédio apresenta uma ligeira alteração. Neste caso, na zona central é colocada uma claraboia que permite a entrada de luz zenital. Todo o restante processo é igual ao da cobertura anterior.

### 6.5.1.5. Laje de piso

Quanto à laje de piso e seguindo novamente o método tradicional descrito anteriormente, a laje é suportada pelos pilares ajustáveis. Na parte inferior existe a caixa de ar referenciada na Figura 6.15 e que se pode observar com mais detalhe no Anexo I. A caixa de ar é presa aos pilares da estrutura e fica suspensa, não havendo contacto com o solo. De forma a permitir a entrada de ar frio nos períodos de calor, existem entradas de ar que penetram a laje de piso. A laje de piso é constituída, do interior para o exterior por:

- Piso flutuante em madeira, com 20 milímetros;
- Argamassa de regularização de pavimento com 50 milímetros, onde serão colocados perfis metálicos para suporte do piso flutuante;
- Placa OSB (interior) de 18 milímetros, igualmente fixa à estrutura metálica;
- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa de OSB (exterior) com 18 milímetros, que será fixa à estrutura metálica;
- Isolamento térmico em XPS com 40 milímetros;
- Argamassa sintética com 10 milímetros;
- Tela impermeabilizante;
- Acabamento em chapa metálica de zinco;

### 6.5.1.6. Proteção exterior (sombreamentos)

O método construtivo do corpo de proteção exterior do edifício, responsável pelo sombreamento do mesmo, é idêntico ao da envolvente externa. Utiliza de igual forma o sistema construtivo em LSF e é composto por:

- Perfil metálico C 150, onde no seu miolo serão colocadas duas fiadas de lã mineral, cada uma delas com 60 milímetros;
- Placa de OSB (exterior) com 18 milímetros, fixa à estrutura metálica;
- Tela impermeabilizante;
- Isolamento térmico em XPS com 40 milímetros;
- Ripado em madeira com 20 milímetros, com acabamento próprio para exterior;

Este método é adaptado ao local de construção da proteção, seja em cobertura, pavimento ou na vertical, ou seja, toda a estrutura portante das proteções é no fundo uma continuação da estrutura do edifício. Os perfis metálicos C 150 representam uma linha separadora do interior/exterior. Tudo o que está dentro pertence ao espaço habitável e tudo o que está fora pertence ao corpo de proteção.

### 6.5.2. Caracterização geral do edifício

O conceito principal na concepção do edifício é a criação de uma proteção para o espaço habitável (Figura 6.17). Este último possui um acabamento de cor branca, proporcionando assim uma forma de refração da radiação solar que evita sobreaquecimentos durante o período de Verão. O acabamento em estuque branco também contrasta com o material utilizado no corpo exterior e cria a sensação desejada: criar um volume principal, habitacional, e um corpo externo que proteja o edifício das condicionantes externas, tais como a chuva, o vento e o sol. Este corpo secundário é composto por ripado de madeira para replicar a aparência das antigas construções vernaculares da região de Ílhavo. Este padrão será alterado de região para região, como forma de transparecer a estética característica das construções tradicionais de cada região e possibilitar o uso de materiais locais. Este edifício segue alguns dos princípios da arquitetura bioclimática, descritos ao longo do capítulo 2. A colocação do corpo externo possibilita a existência de palas horizontais na fachada Sul, e de proteções verticais através do uso de vegetação nas fachadas Este e Oeste. A forma do corpo externo envolve todo o corpo principal e permite a aplicação das proteções ao mesmo tempo que oferece uma imagem limpa e coerente ao conjunto. Define também o espaço externo pertencente ao edifício: as zonas de deslocação e o espaço de estar exterior, adjacente à sala de estar e orientado a Oeste/Sul.

Após ter sido demonstrado o método construtivo em pormenor juntamente com a ligação dos elementos é agora possível descrever a planta geral no seu todo. A planta destas tipologias parte de uma forma retangular, que se estende ao longo da orientação Sul, onde se localiza a fachada de maior dimensão com um total de 14 metros de comprimento, na tipologia T1 e 20 metros de comprimento, na tipologia T2. As fachadas opostas, Este e Oeste estendem-se ao longo de um comprimento de 8 metros em ambas as tipologias. Na Figura 6.18 estão salientadas as zonas privadas e sociais. Colocaram-se os quartos a nascente devido à necessidade humana em se orientar pelo Sol. O relógio biológico funciona em função da luz solar e, portanto, é necessário que a luz entre na zona de permanência matinal. Na zona central (espaço modular 1) encontram-se todas as zonas húmidas o que permite uma fácil colocação de redes de recursos. Na fachada Oeste e orientada também a Sul está localizado o espaço da sala de estar. Esta orientação permite ao compartimento beneficiar de ganhos solares diretos durante a tarde e grande parte do dia.

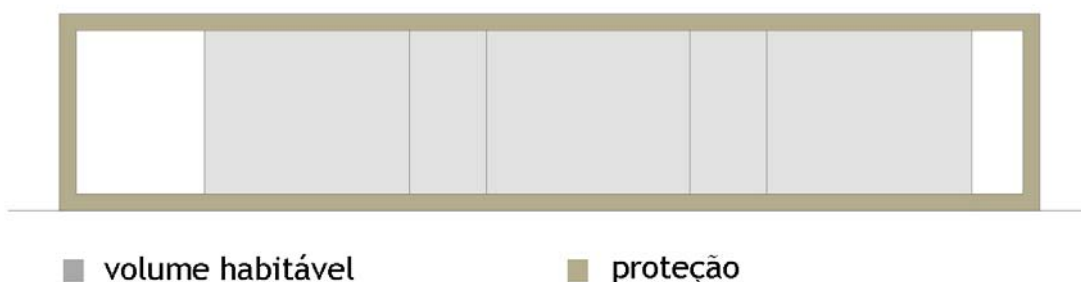


Figura 6.17 - Diagrama demonstrativo do conceito da proteção

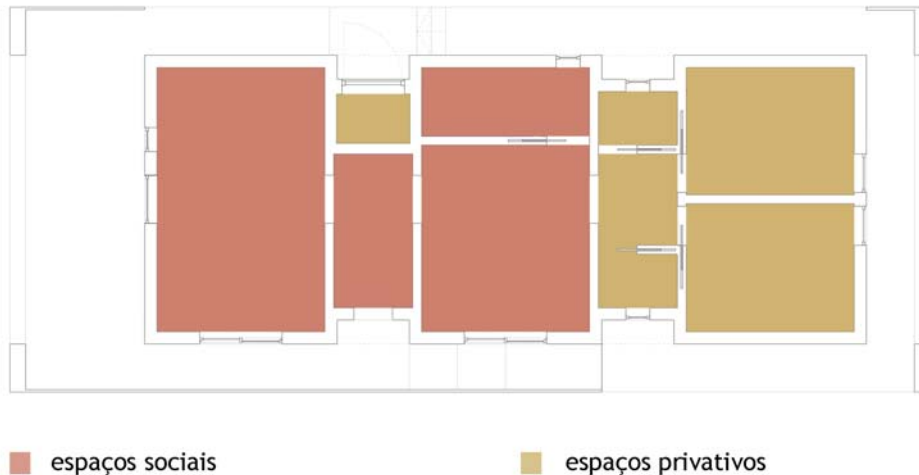


Figura 6.18 - Diagrama de espaços interiores / usos

### 6.5.3. Materiais

O conjunto habitacional é composto por dois corpos. O corpo primário que determina a envolvente externa e um corpo secundário que funciona como casca do edificado e protege o mesmo das adversidades externas. O material primário no revestimento exterior do volume habitacional é o capoto, devido às suas propriedades isolantes e pela possibilidade de se escolher uma cor clara que reflita a radiação solar. O material secundário, utilizado no corpo exterior (proteção) é o ripado de madeira, um material que contrasta com o material primário e caracteriza a habitação. A junção destes dois materiais permite a integração da habitação na envolvente (Figura 6.19) onde predominam as tonalidades naturais da costa marítima. O edifício integra-se assim na cor clara da areia, no verde da vegetação e no azul tanto do céu como do corpo de água marítimo. O pavimento exterior será igualmente em madeira adaptada às condições de exterior. Os corrimãos da parte exterior do edifício são opacos e são a continuidade do revestimento da fachada ventilada. São, portanto, em ripado de madeira. Podemos ainda observar na Figura 6.20 e 6.21 um modelo 3D onde se percebe a colocação dos cabos metálicos nos limites das fachadas Este e Oeste, que servem para suportar a vegetação responsável por proteger o edifício da radiação solar que incidirá nessas mesmas fachadas. A vegetação aqui colocada é sazonal e, portanto, permite que nas estações de aquecimento o sol possa penetrar por entre elas e alcance as fachadas. Nos acabamentos interiores (Figura 6.22) será utilizado essencialmente o OSB nas paredes, exceto nas zonas húmidas. No pavimento será utilizado piso flutuante em madeira. Estes parâmetros aplicam-se a todas as divisões exceto nas zonas húmidas, onde será colocado azulejo de cor escura nas paredes e VIROC<sup>80</sup> de cor clara no pavimento.

<sup>80</sup> VIROC é um painel composto constituído por uma mistura de partículas de madeira e cimento. Combina a flexibilidade da madeira com a resistência e durabilidade do cimento, permitindo uma vasta gama de aplicações tanto no interior como no exterior. A sua aparência não é homogénea, sendo uma

Os vãos exteriores serão preenchidos com janelas de caixilharia em alumínio e vidro duplo temperado para melhorar o controlo e a estabilidade térmica. As portas interiores são na sua generalidade de correr, em madeira com acabamento da mesma cor da parede e com os puxadores em alumínio. As ombreiras e padieiras dos vãos interiores serão equivalentes à parede em OSB e no acabamento das soleiras será utilizada madeira cortada à medida. Por fim, no acabamento dos tetos logo após a colocação da placa de OSB que finaliza o método construtivo em LSF, será colocado teto suspenso em todas as divisões composto por duas placas de gesso cartonado pintadas de cor branca no lado interior e será ainda aplicada uma camada de 40 mm de lã de rocha para melhorar o comportamento acústico do teto.



Figura 6.19 - Fotografia do local de implantação, Ílhavo - 2016



Figura 6.20 - Modelo 3D, vista da fachada Oeste e Sul

---

característica natural do produto. Ao ser calibrado / lixado apresenta partículas de madeira visíveis na superfície do painel. Fonte: viroc.pt



Figura 6.21 - Modelo 3D, vista da fachada Este e Norte



Figura 6.22 - Corte longitudinal com demonstração de materiais interiores

## 6.6. Translação do edifício

Deferindo uma translação do edifício para duas zonas climáticas distintas (Figura 6.23), irão ser apresentadas algumas alterações a nível construtivo, relativamente ao modelo anterior. De lugar para lugar as exigências de conforto diferem, portanto, essas diferenças terão de ser contabilizadas e inevitavelmente assumidas segundo a metodologia desta dissertação. Principalmente a nível de clima. Partindo do princípio de que o concelho de Ílhavo se localiza numa zona climática amena, pode concluir-se que para ambas as situações seguintes serão tomados como referência valores tanto mais altos como mais baixos, comparativamente ao modelo inicial. Já foi salientado anteriormente que existe a intenção de integrar o edifício na envolvente natural. No caso do edifício base, para o concelho de Ílhavo foi adotado um acabamento em madeira, que remetesse para as antigas construções vernaculares, ao mesmo tempo que as cores do edifício novo se integram e se veem homogéneas quando enquadradas no local de implantação, junto ao mar. Para tal, serão utilizados os dados recolhidos no Capítulo 5, relativos à caracterização do local, para servirem como base justificativa das alterações a tomar nos próximos modelos de habitação.

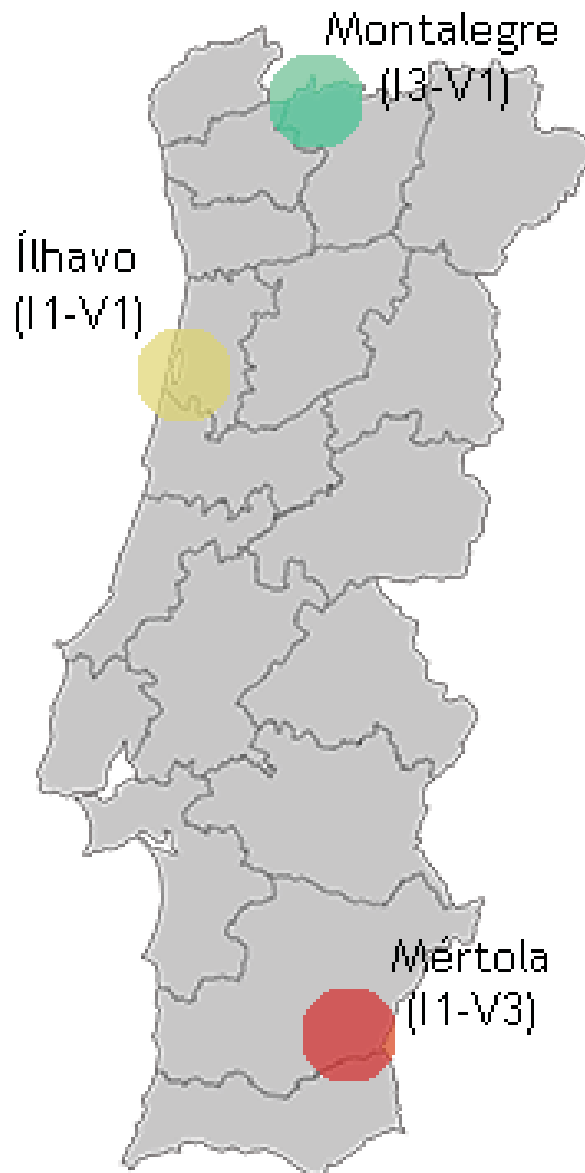


Figura 6.23 - Mapa de Portugal continental - Locais de translação dos edifícios

### 6.6.1. Alteração na envolvente externa

Dentro desta temática pode ser facilmente analisada uma alteração construtiva a adotar. Nomeadamente para a zona climática mais fria (Montalegre). Optou por se usar no modelo anterior uma espessura de 40 milímetros no isolamento térmico em XPS. Através de um programa de cálculo de espessuras recomendadas para uma determinada região, disponibilizado pela ISOVER <sup>81</sup>, determinou-se que para uma zona climática I3, correspondente ao concelho de Montalegre, aplicando o isolamento térmico pelo exterior, a espessura recomendada seria de 100 milímetros (ver Anexo II). No isolamento térmico do edifício implantado em Mértola será mantido o mesmo isolamento térmico de 40 milímetros. Uma vez que as exigências de Inverno não são tão rigorosas, não justifica a alteração. Podemos ver na Figura 6.24 a alteração que irá sofrer a parede exterior.

**NOTA:** toda a envolvente externa do edifício sofre esta alteração, apenas na zona climática I3-V1 e apenas no volume habitável. As proteções e sombreamentos, mantêm os mesmos valores de espessura do isolamento, uma vez que não pertencem à envolvente externa do edifício.

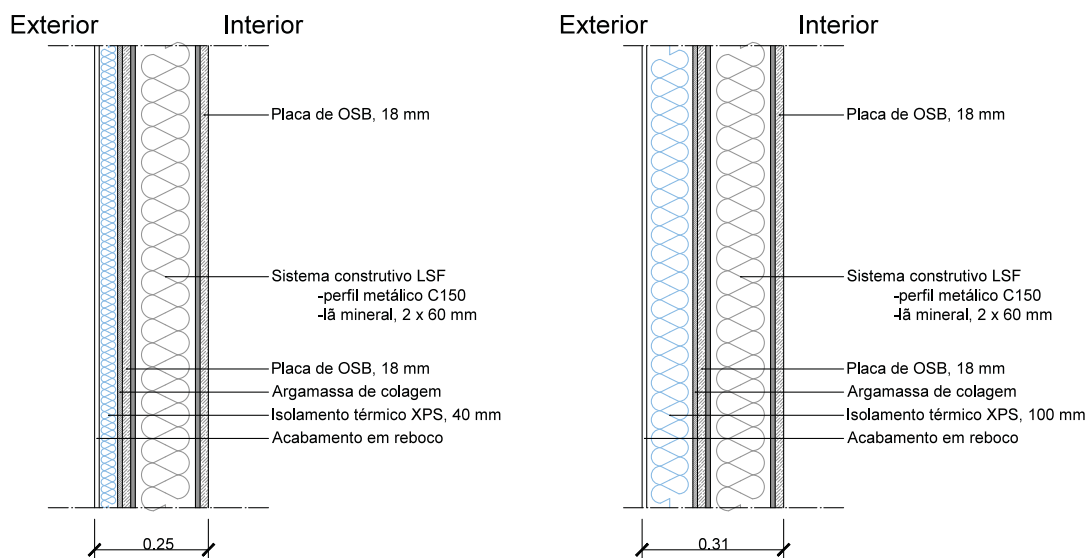


Figura 6.24 - Alteração no isolamento térmico (pormenor, sem escala)

<sup>81</sup> [www.isover.pt](http://www.isover.pt)

## 6.6.2. Alteração nas proteções passivas

O primeiro ponto a analisar nesta secção será a dimensão dos sistemas de sombreamento da fachada Sul. Como verificamos anteriormente no capítulo 5, a altitude e amplitude solar variam conforme a latitude, logo o movimento solar difere aqui de região para região. Foi adotada uma medida base para o primeiro edifício, em que os sistemas de sombreamento horizontais tinham um comprimento de 100 centímetros. Na Figura 6.25 é possível observar o comportamento dos sistemas de sombreamento face à altitude solar máxima (solstício de Verão) de cada região e qual o dimensionamento mais adequado, para evitar os ganhos solares excessivos.

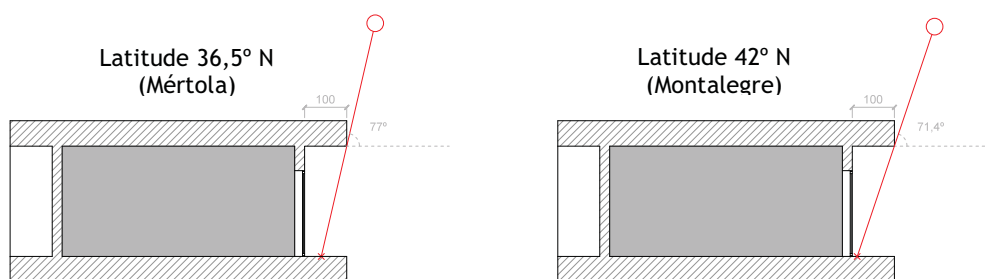


Figura 6.25 - Comportamento dos sistemas de sombreamento face à altitude solar

Verificou-se que a medida padrão de 100 centímetros é eficaz em ambas as situações, ou seja, o sol não alcança a fachada na sua máxima altitude, portanto permanecerá essa medida padrão. Este facto é uma mais valia, visto que a medida do sombreamento influencia diretamente a medida do espaço exterior de deslocação e, portanto, essa não terá de ser alterada. De qualquer das formas serão colocados sistemas de sombreamento verticais “blackout”, pelo interior das janelas para controlar a entrada do sol no restante período de arrefecimento. Quanto às proteções passivas das fachadas Este e Oeste, prevê-se uma alteração no tipo de proteção, nomeadamente para o edifício a implantar em Mértola. No lugar da vegetação utilizada anteriormente serão desta vez utilizadas palas verticais por serem mais eficazes e por ser uma zona climática mais quente. Essa opção permite um total bloqueio da radiação solar a Este e Oeste, quando assim desejado, e permite ainda controlar moderadamente a quantidade de ganhos solares que a fachada irá receber, abrindo ou fechando as palas individuais (Figura 6.26 e 6.27). Esta escolha não se justifica em Montalegre, uma vez que as necessidades de Inverno se sobrepõem às de Verão e nesse aspeto a vegetação é mais indicada. Ainda sobre as proteções passivas, destaca-se mais uma alteração, esta presente em ambos os edifícios. Indo de encontro à preservação das características arquitetónicas locais, optou por se realçar o tipo de material mais característico de cada região ao usá-lo como acabamento. No caso da construção em Mértola será usado reboco de cor branca que irá vestir o edifício numa cor uniforme (Figura 6.28), característica, que tal como já fora referenciado, ajuda na refração da radiação solar. No edificado do concelho de Montalegre preserva-se a tradição da utilização de pedra, colocando no acabamento das proteções solares granito de cor preta.



**Figura 6.26** - Espaço de estar exterior



**Figura 6.27** - Espaço de estar exterior

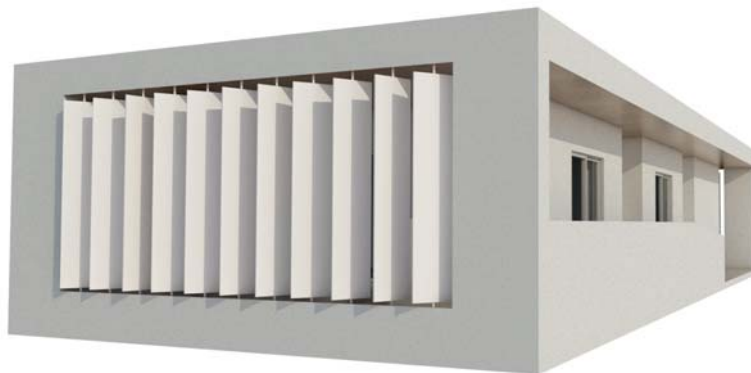


Figura 6.28 - Modelo 3D, adaptação do edifício às exigências da região Mértola

### 6.6.3. Alteração nas fachadas

Sendo a fachada a principal superfície de captação de ganhos solares durante a estação de aquecimento deverá ter características que se adequem ao local e à necessidade de captação de energia solar. Assim, será utilizado um acabamento de cor escura (Figura 6.29) no edifício a ser implantado no concelho de Montalegre para ter uma melhor eficácia na captação de radiação, que será transformada em calor. O inverso acontece na zona climática quente (Mértola) em que é necessário suprimir os ganhos solares excessivos e para isso será mantido o acabamento de cor branca, utilizado no edifício base.



Figura 6.29 - Modelo 3D, adaptação do edifício às exigências regionais de Montalegre

### 6.6.4. Alteração na cobertura

A cobertura plana justifica-se em zonas onde a taxa de precipitação é baixa. Na região de Montalegre esta taxa é relativamente elevada, face às duas outras situações. Para este edifício será utilizada uma cobertura com um pendente de 8%, de forma a facilitar o escoamento das águas pluviais e evitar retenção das mesmas na cobertura, prevenindo assim eventuais infiltrações.

**NOTA:** No Anexo II constam desenhos das alterações efetuadas nos edifícios de translação, bem como tabelas com valores a alterar, nos respetivos elementos construtivos.



## 7. CONCLUSÃO

*“Sê um estudante, não um seguidor. Não faças simplesmente o que alguém te exige. Se tens interesse no que alguém te diz, debate, pondera e considera todos os pontos de vista.”*

***Jim Rohn***

A abordagem a este tema partiu da necessidade e curiosidade de praticar o dever cívico que o arquiteto, enquanto profissional e ser humano, deve ter em consideração. A preocupação com as necessidades atuais e a possibilidade de adaptação às necessidades futuras. No fundo, resume-se a uma preocupação e consideração ao próximo. Este tema remete assim à sensibilização de todos os intervenientes no processo construtivo e de utilização dos edifícios.

É possível construir de forma consciente e num processo evolutivo enquanto espécie, em prol de um objetivo comum.

Como demonstrado nesta dissertação através da análise do diagrama de Behling, pretende-se aqui que ambas as tecnologias (ativas e passivas) funcionem em paralelo, com vista à obtenção de uma maior eficiência energética dos edifícios.

Na etapa final desta dissertação verifica-se que, após a análise do problema em questão e estudo das várias soluções existentes, a delimitação dos objetivos e a sua concretização demonstrou-se concluída. De forma sucinta pode-se afirmar que o resultado final deste trabalho corresponde às expectativas previstas. Apesar das várias alterações que tiveram de ser tomadas face à complexidade do tema, o objetivo inicial sempre se mostrou à vista e com uma intenção bem delineada. A complexidade do tema assenta nas inúmeras possibilidades e na assertividade relativa de cada uma delas. Não é apenas um desenho numa folha branca, pelo contrário, de uma forma metafórica pode-se assumir que se está a adaptar o desenho a um tipo de folha específico.

Com esta dissertação esquematizou-se uma metodologia capaz de dar resposta a vários tipos de construção, para os mais diversos locais. Metodologia essa que, em primeiro lugar passa por recolher informação relativa às possibilidades construtivas existentes, tanto no que se fez no passado como no que se pratica no mercado moderno. Posteriormente recolhe-se informação do local de implantação e posteriormente adapta-se o edifício às soluções existentes, com base nas exigências do local.

O facto de se pensar no local como um fator incutido no projeto, torna a responsabilidade do arquiteto ainda maior. Desta forma, o termo “arquitetura bioclimática” passará a ser um conceito desnecessário - indo de encontro às palavras do Arq. Eduardo Souto de Moura - pois a boa arquitetura, para assim o ser, terá inevitavelmente de ser sustentável.

Por fim, esta dissertação reúne os vários conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico do autor, desde a noção de enquadramento histórico, ao desenvolvimento do conceito e à sua pormenorização. Todos estes conceitos servirão, certamente, de base metódica numa fase posterior do percurso profissional do mesmo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Livros:

- GONÇALVES, Hélder, GRAÇA, João Mariz** - *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. [online] 1ª ed. Lisboa: DGGE, IP-3E, 2004. ISBN: 972-8268-34-3
- PIERCE, J. Jefferey** - *Environmental Pollution and Control*. [online]. 4a ed, Boston: Butterworth-Heinemann, 1997. ISBN: 978-0-7506-9899-3
- FORD, Henry, CROWTHER, Samuel** - *My Life and Work*. [online] 10ª ed. Nova York: Doubleday, Page & Company, 1922. ISBN: 978-1497432253
- CASPER, Julie Kerr** - *Fossil Fuels and Pollution - The Future of Air Quality*. [online] 1ª ed, New York: Facts on File - Infobase Publishing, 2010. ISBN: 978-1-4381-2741-5
- GONÇALVES, Hélder** - *Edifício Solar XX: Um Edifício Energeticamente Eficiente em Portugal* [online], 2006
- COLEMAN, M.J** - *Frank Lloyd Wright and the “Solar Hemicycle”, Proceedings of the 14th National Passive Solar Conference*. [online] Vol. I, Colorado: American Solar Society, Inc., 1989
- AITKEN, Donald W.** - *The “Solar Hemicycle” Revisited: It’s Still Showing the Way*. [online] Vol I, Winsconsin Academic Review, 1992
- TORGAL, F. Pacheco** - *A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*. [online], 2ª Ed, Vila Verde: TecMinho, 2010 - ISBN: 978-972- 8600-22-8
- VAN LENGEN, Johan** - *Manual do Arquitecto Descalço*, 1ª ed. Lisboa: DINALIVRO, 2010. ISBN 978-972-576-565-4
- TAYLOR, Frederick, RAMOS, Arlindo Vieira (trad.)** - *The Principles of Scientific Management* [online] 8ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 1990. ISBN: 978-1596058897
- BAIROCH, Paul** - *Revolution Industrielle et sous developpement*, 4ª ed. Berlim: Walter De Gruyter Inc, 1974. ISBN-10 2719306037
- BRAUDEL, Fernand** - *Civilização Material, Economia e Capitalismo dos Séc. XV-XVIII*, Lisboa: Editorial Teorema, 1992. ISBN 9789726951780

### Dissertações:

- SILVA, Mónica, et al** - *Reabilitação de casas tradicionais em madeira do litoral norte e centro de Portugal*. [online] CIMAD 11 - 1º Congresso Ibero-Latino Americano da Madeira na Construção, Coimbra, PORTUGAL
- FERNANDES, Jorge** - *O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios* [online] Dissertação de Mestrado - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2012

### Revistas:

- CULTURA, LÍNGUA E COMUNICAÇÃO** - *Culturas de Urbanismo e Mobilidade* [online], nr.6
- HUEBNER, Kalle** - *2000 Watt Society*. [online] United Nations University - Our World Magazine
- ROUSSELLI, Luigi** - *The Great Wall of WA*, ArchDaily. [online], 2015
- LEITÃO, Nicolau Andersen** - *Exposições Universais Londres 1851* [online] 1ª ed. Lisboa: Fernandes e Terceiro, Lda., 1994
- COGGIOLA, Osvaldo** - *Da Revolução Industrial ao Movimento Operário, As Origens do Mundo Contemporâneo*, sem data.
- LÓPEZ, Pedro** - *Casa Herbert Jacobs II (Hemiciclo Solar), Investigación y Arquitectura*. [online], 2013

**Periódicos:**

INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA, I.P. - *Inquérito às Despesas das Famílias 2010/2011 [contin. de]*  
*Inquérito aos Orçamentos Familiares*. ISSN 0872-1386. Vol.1 nº1 (2012)

## **ANEXOS**

Peças desenhadas do objeto de estudo.