

A HABITAÇÃO VERNACULAR BEIRÃ

A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA DO PASSADO RURAL PORTUGUÊS

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura
Leandro Paiva Monteiro
Orientação: Professor Doutor Nuno Pedroso Correia
Departamento de Arquitetura da FCTUC Dezembro 2017



A HABITAÇÃO VERNACULAR BEIRÃ
A ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA DO PASSADO RURAL PORTUGUÊS

AGRADECIMENTOS

Ao professor Nuno Correia pela orientação

À Professora Helena Coch, pelos conselhos e disponibilidade;

À minha irmã, pelo apoio incondicional;

À Laurianne e ao João, com quem partilho tudo o que foi Coimbra;

A meus pais

Palavras-chave: Bioclimática, Arquitetura Vernacular, Gralheira, Vilar Maior, Malpica

RESUMO

Numa época em que a eficiência energética ganha relevância na agenda global, o sector da construção representa um dos mais ativos setores da economia mundial. Consumindo uma grande quantidade de energia, é pertinente ponderar uma estratégia que permita direcionar a arquitetura para um futuro mais eficiente. De facto, vários movimentos desta têm surgido neste âmbito, nomeadamente a bioclimática que defende que o edifício pode tirar partido dos fatores ambientais do local de implantação e através de medidas passivas reduzir os gastos energéticos.

Este conceito, contudo, não é de todo recente, a habitação vernacular, como um dos mais significativos aspetos da humanização da paisagem, surge em grande diversidade tipológica no heterógeno território português. Esta é o resultado de uma adaptação, ao longo de gerações, do ser humano aos condicionalismos ambientais. Sem sistemas mecânicos de aquecimento ativo e materiais industrializados como o vidro e isolamento térmico, usa os condicionalismos impostos pelo clima em vantagem própria.

Neste âmbito, a região da Beira Alta e Baixa, revela-se um estimável exemplo de diversidade vernacular e ambiental, apresentando alguns locais que se revelam um verdadeiro desafio de habitabilidade. Com base na caracterização dos aspetos territoriais e especificidades do clima da região e com especial enfoque na habitação vernacular de três localidades, Gralheira, Vilar Maior e Malpica do Tejo, o presente trabalho desenvolve uma análise às estratégias de climatização passiva das mesmas tendo como referência os princípios presentes na bioclimática. De forma a conseguir determinar e quantificar a eficiência destas estratégias, a pesquisa de campo, dados bibliográficos e do conhecimento popular, assim como o recurso a programas de análise da radiação solar, de avaliação do desempenho energético dos edifícios e de simulação do comportamento térmico revelaram-se cruciais.

Keywords: Bioclimatic, Vernacular Architecture, Gralheira, Vilar Maior, Malpica

ABSTRACT

In an era where energy efficiency is becoming a critical issue in global agenda, the construction sector stands as one of the most active of the world economy. Consuming a large quantity of energy, it is relevant to consider a strategy that allows architecture to steer towards a more efficient future. In fact, several of movements have emerged in this area, namely the bioclimatic, a concept claiming that the building can use the environmental factors of the local of implantation in its benefit, through passive measures, to reduce the energy expenses.

This concept, however, is not at all recent, vernacular housing, as one of the most significant aspects of landscape humanization, arises in great typological diversity in the heterogenous Portuguese territory. This is the result of people's adaptation, over generations, to the environmental constraints. Lacking active mechanical heating systems and industrialized materials, such as glass and thermal insulation, this architecture uses the climate constraints in its advantage.

In this context, the region of Beira Alta and Baixa, appears as a great example of vernacular and environmental diversity, presenting some places that prove to be a real challenge of habitability. Based on the characterization of the territorial aspects and specifics of region's climate, focusing particularly on vernacular housing of three places, Gralheira, Vilar Maior and Malpica do Tejo, the present work develops an analysis of the passive strategies inherent to these ones, in reference with the Bioclimatic principles. To determinate and quantify the efficiency of those strategies, the field research, bibliographic data and popular knowledge, as well as the use of solar radiation analysis, energy performance evaluation of buildings and simulation of thermal behavior programs were essential.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	19
1. ARQUITETURA VERNACULAR E A PAISAGEM	
1.1. ENQUADRAMENTO	25
1.2. DIVERSIDADE E O CLIMA	29
1.3. CONDICIONANTES DA PAISAGEM	35
1.4. O TRADICIONAL E O MODERNO	41
2. BIOCLIMÁTICA E A ARQUITETURA EFICIENTE	
2.1. SUSTENTABILIDADE E O DESENVOLVIMENTO ATUAL	47
2.2. PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS E SOLARES PASSIVOS	51
2.2.1. CONFORTO TÉRMICO	53
2.2.2. MEDIDAS SOLARES PASSIVAS	55
3. ENQUADRAMENTO TERRITORIAL	
3.1. A REGIÃO E CASOS DE ESTUDO	61
3.2. COMPONENTES DA PAISAGEM	63
3.2.1. RELEVO	63
3.2.2. HIDROGRAFIA	65
3.2.3. SOLOS	67
3.2.4. COBERTURA VEGETAL	69
3.3. O CLIMA	73
3.3.1. TEMPERATURAS	73
3.3.2. PRECIPITAÇÃO	77

3.3.3.	INSOLAÇÃO	79
3.3.4.	VENTOS	81
3.4.	POVOAMENTOS E USO DOS SOLOS	83
3.4.1.	INFLUÊNCIAS HISTÓRICAS	83
3.4.2.	CULTURAS E PROPRIEDADE RUSTICA	89
3.4.3.	POVOAMENTOS E POPULAÇÃO	93
4.	ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DOS CASOS DE ESTUDO	
4.1.	METODOLOGIA	97
4.2.	GRALHEIRA	101
4.2.1.	PRINCIPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS À GRALHEIRA	105
4.2.2.	CASO A, A HABITAÇÃO DA GRALHEIRA	107
4.2.3.	ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO A	111
4.3	VILAR MAIOR	117
4.3.1	PRINCIPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS A VILAR MAIOR	121
4.3.2	CASO B, A HABITAÇÃO DE VILAR MAIOR	123
4.3.3	ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO B	127
4.4	MALPICA DO TEJO	131
4.4.1	PRINCIPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS A MALPICA DO TEJO	135
4.4.2	CASO C, A HABITAÇÃO DE MALPICA DO TEJO	137
4.4.3	ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO C	141
	CONCLUSÕES	145
	BIBLIOGRAFIA	151
	ÍNDICE DE IMAGENS	161
	ANEXOS	177

SIGLAS

CE – Comissão Europeia

CER – Comissão de Estatística Rural

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

PE – Parlamento Europeu

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RCD – Resíduos de construção e demolição

UE – União Europeia

“Nada reflecte mais claramente o status e as tendências de um povo do que o carácter dos seus edifícios. São emanações do povo: e materializam as suas almas. São um livro aberto” . (SULLIVAN, 1947)

INTRODUÇÃO

Com base na preconização dos princípios da bioclimática, o tema desenvolvido no presente trabalho, surgiu da procura pelo entendimento de uma construção mais eficiente, que proporcionasse em simultâneo um aumento do conforto térmico no interior das habitações. Com grande aplicabilidade, a bioclimática é baseada em soluções passivas, ou seja, soluções que procuram atingir o conforto do espaço interior através do uso de materiais locais e do desenho de projeto de acordo com as especificidades do clima local, sem recorrer a sistemas de climatização mecânicos.

Contudo, estes princípios podem ser observados na arquitetura vernacular, que os tem vindo a aplicar há milénios. Fazendo parte do nosso património comum, que se tem vindo a perder aos poucos, esta é uma direta resposta às necessidades e valores das pessoas, revelando as edificações uma significativa relação com o ambiente natural ou artificial. Estas são o reflexo da repetição de modelos pelo curso da história, usando, quando possível, materiais e técnicas locais desenvolvidos através do conhecimento empírico, tendo em conta os condicionalismos impostos pelo clima. A arquitetura vernacular, encerra assim um grande potencial de ensinamentos na aproximação bioclimática ao desenho de projeto.

Com base nestes pressupostos, tornou-se-me evidente a pertinência da abordagem deste tema no âmbito da arquitetura vernacular em Portugal. Contudo, num território tão vasto e prolífero em diversidade de tipologias de habitação vernacular, como o é Portugal, rapidamente se tornou também evidente a impossibilidade de uma abordagem abrangente e concisa. Deste modo, através do estabelecimento de relações presentes na informação bibliográfica, entre outros fatores, a região que abrange a Beira Alta e Baixa, analisada no *Inquérito à Arquitectura Popular em Portugal*, revelou-se a mais assertiva para análise. Além de apresentar uma grande multiplicidade de condicionantes ambientais, a sua centralidade no contexto do território Português, permite estabelecer uma interligação com outras regiões, pela proximidade e influências que se repercutem nas feições da arquitetura.

Nesta região, porém, também prolifera um grande número de exemplares tipológicos da habitação vernacular, dos quais, seis se encontram confinados ao que o *Inquérito à Arquitectura Popular em Portugal* denomina por sub-regiões. Este fenómeno permite estabelecer uma relação entre as condicionantes dessas sub-regiões e a arquitetura vernacular nelas presente. Contudo, devido em grande parte à repentina mudança de condições económicas a que se assistiu na segunda metade do século XX, houve na região um aumento da construção que, devido à falta de regulamentação, resultou em mudanças fundamentais na arquitetura e no agravamento do abandono. Hoje, encontram-se nos meios rurais, habitações abandonadas há décadas, algumas das quais, não obstante, revelam um relativo bom estado de conservação.

Este foi um dos fatores determinantes na seleção das habitações em estudo, uma vez que estas, preservadas no tempo, permitem, em relação com o documentado, uma compreensão mais fidedigna dos modos de habitar anteriores à modernização dos povoamentos e consequentes reflexos na arquitetura. Estes modos, contudo, diferem entre os povoamentos, pela multiplicidade de condicionantes ambientais, sociais, histórico-culturais e económicas aos mesmos inerente. Com particular foco nas primeiras e suas repercussões na arquitetura, a Gralheira, um dos casos de estudo, revela-se um exemplo paradigmático neste sentido. Localizada a norte, na fronteira com o Douro, e a grande altitude, regista, na sua proximidade com a região do Minho, um extremo climatológico em que são preponderantes a chuva e o frio. Esta apresenta adicionalmente indícios de um considerável isolamento, que favoreceu a preservação de um primitivismo na tipologia aqui registada e que nos remonta aos primórdios da habitação na região.

Num panorama significativamente diferente, Malpica do Tejo localiza-se nas planícies a sul, nas proximidades com o Alentejo, apresentando o extremo climatológico oposto, quente e seco. Pelas características das habitações vernaculares aqui existentes e condicionantes a que estão sujeitas, este, um outro caso de estudo, foi o de suposta seleção mais assertiva para o estabelecimento de relações entre a arquitetura e o ambiente e confronto com a tipologia do primeiro povoamento.

Vilar Maior, o último caso a ser estabelecido, apresenta evidentes influências de um diferente contexto histórico. É um povoamento acastelado na zona planáltica de fronteira, em que a passagem do tempo, entre outros fatores, deixou vinculada a sua marca na arquitetura vernacular. Esta, inserida no que o *Inquérito à Arquitectura Popular em Portugal* define como tipologia comum, assim como num contexto ambiental com elevadas exigências, tanto no inverno como no verão, estabelece-se como um exemplo oportuno de ligação dos outros dois casos a esta região comum.

Para a seleção concreta das habitações em análise, no âmbito comparativo, outras preocupações foram necessárias ter em conta, nomeadamente, a representatividade da tipologia comum dos povoados em que se inseriam e a partilha de certas características entre as mesmas. Tal permite estabelecer, em função das condicionantes locais, uma relação concreta entre elas.

Para que neste âmbito, fosse o mais reduzido possível o risco de uma interpretação um tanto ou quanto falaciosa, foi fundamental o recurso ao documentado na informação bibliográfica para corroborar o que foi observado e relatado pelos habitantes das povoações. Adicionalmente, o recurso a programas informáticos como o *Climas SCE 1.05* e o *Solar Energy Analysis*, permitiram a determinação das especificidades do clima e dos princípios de climatização passiva a aplicar nestas circunstâncias concretas. Do mesmo modo, programas como o *STE-MONOZONA*, software para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios, e o *Archisun 3.0*, permitiram estimar os gastos energéticos, ganhos solares e comportamento térmico das habitações em análise, estabelecendo assim, dados fundamentais à análise sucedida.

1. ARQUITETURA VERNACULAR E A PAISAGEM

1.1. ENQUADRAMENTO

A Arquitetura Vernacular é considerada por Bernard Rudofsky como anónima, espontânea, nativa ou rural, uma Arquitetura que o mesmo denomina de “*Arquitectura Sem Architectos*”, em antítese à erudita. (RUDOFSKY, 1970, p. 1) Paul Oliver, contudo, estabelece uma certa distinção de tipos dentro do mesmo género. Este associa o termo vernacular à etimologia da palavra, nativa, de um determinado local ou região, o termo popular, à construção feita pelo povo sem formação ou conhecimento académico na área, e o termo tradicional, à arquitetura desenvolvida através da aplicação de métodos, muitas vezes artesanais, passados de geração em geração. (OLIVER, 1997, p. XXI) Também a arquitetura de povos nómadas, como os abrigos *Sami*, na Noruega, ou os *Yurts* Mongóis, apesar de não estarem enraizados num específico local, são parte integrante da arquitetura vernacular.

Deste modo, a arquitetura vernacular encontra-se sempre intrinsecamente ligada às culturas a que pertence, materializando uma contínua evolução e adaptação, ao meio em que se insere e às necessidades das pessoas que a ocupam. São estes fatores, as bases que nos remontam aos primórdios da arquitetura. Com origem na reação do homem ao meio natural e na necessidade de proteção face às condições ambientais, que desde tempos primitivos o compeliu à procura de abrigo. (FATHY, 1986, p. 2;10)

É com a transição do nomadismo para a sedentarização, marcada pela revolução agrícola, que surgem as primeiras civilizações. Com uma fonte de alimento estável, permitiram o estabelecimento em povoamentos de maior densidade populacional, a especialização e distribuição de trabalho e o desenvolvimento de atividades comerciais, formas de arte e hierarquias sociais. (FLETCHER, 1931, p. 2;5) Estes fenómenos alteraram fundamentalmente não só o estilo de vida das pessoas, como também a arquitetura. A popular, em concreto, deixa de ficar reduzida a simples abrigos com funções sociais, ganha complexidade, resiliência e acompanha os processos e produtos humanos

que transformam as constituintes da envolvente, de forma a alcançar aspirações prescritas, objetivos e necessidades.

Com uma implantação permanente, esta arquitetura fica mais suscetível às condicionantes ambientais impostas pela paisagem em que se insere, forçando as pessoas a adotar soluções em conformidade. Este fenómeno deu-se em vários locais de forma independente por todo o mundo, em que as pessoas, mesmo sem o domínio de conceitos da energia térmica tinham por via sensorial a noção de clima, forma e materiais de construção. As técnicas aperfeiçoadas através do conhecimento empírico, foram sendo passadas ao longo de gerações de mestre para aprendiz, adotando as soluções que melhor resultavam, uma vez que o seu bem-estar físico e por vezes a sobrevivência dependiam disso. (FATHY, 1986, p. 18)

Deste modo é admissível traçar um paralelo entre a Arquitetura Vernacular e a biodiversidade do planeta. Segundo Charles Darwin, a seleção natural opera apenas pela conservação e acumulação de pequenas modificações hereditárias que sejam proveitosas ao indivíduo conservado. Assim são apenas selecionados os indivíduos mais aptos a determinada condição ecológica, sendo eliminados aqueles em desvantagem. (DARWIN, 2003, p. 110) É destas interações, entre os genes e o ambiente, que resultam espécies eficientemente adaptadas ao meio, surgindo numa multiplicidade de formas em toda a superfície terrestre, todas elas ímpares e dispareas entre si.

Da mesma forma, a arquitetura vernacular depende e é parcialmente moldada pelos contextos ambientais, em diversas formas, que são uma expressão cultural e o reflexo da capacidade dos grupos que a compõem, em lidar com as condições físicas que enfrentam. Neste sentido, mediante as condicionantes e desafios ambientais impostos pelo local, a arquitetura presente no Egipto deveria ser diferente da adotada em Espanha ou Itália, ou em qualquer outro país com características distintas. (VITRÚVIO, 1914, p. 167) De facto, esta foi a realidade praticada na Arquitetura Popular durante séculos, o que resultou em formas tão singulares quanto as paisagens que ocupa.



1. Casas de tufos, Islândia



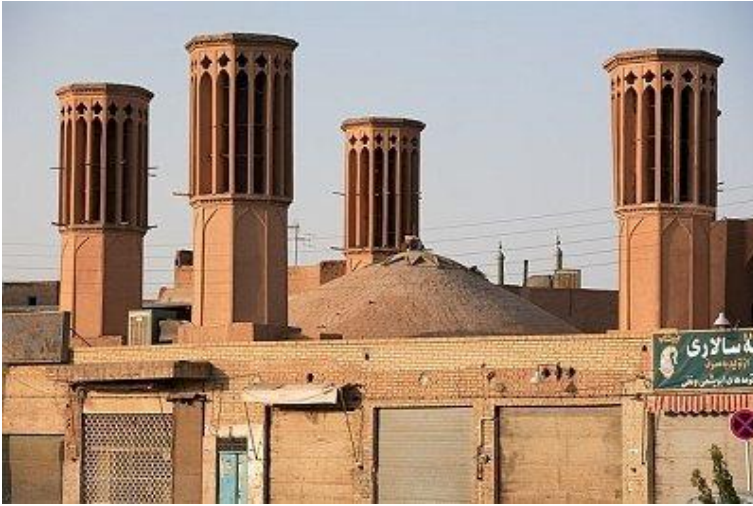
2. Yurt Mongol

1.2. DIVERSIDADE E O CLIMA

Mediante as especificidades do clima em que a arquitetura vernacular se encontra, observam-se soluções de resposta às mesmas com o objetivo de aumentar o conforto interno e criar condições de habitabilidade. Apesar de no mesmo macroclima se encontrarem abordagens diferentes às mesmas exigências climáticas, estas visam, de grosso modo, atingir comportamentos térmicos comuns.

O ártico e subártico, onde o frio extremo e solos gelados dominam, abrangem as paisagens polares, desertos e glaciares, a tundra, desprovida de árvores e com contínuos solos gelados, e a taiga, ampla floresta boreal conífera. Aqui, na arquitetura vernacular, são frequentemente usadas peles como camadas isolantes e o controlo dos ventos gelados é primordial estratégia, sendo também requisito para a sobrevivência uma certa habilidade e predisposição. Exemplos como os *iglus (igluvigak)*, feitos a partir de neve seca e compactada pelo vento, permitem atingir uma diferença de 36 °C acima da temperatura exterior. (OLIVER, 1997, p. 1795) Já na Islândia, as casas de tufo são abrigos de madeira ou pedra com generosas camadas de terra que encerram a cobertura. O chão isolado com grossas camadas de madeira e outros elementos vegetais, é coberto com peles. Adicionalmente, a lareira central rodeada por um anel de pedras providencia a principal fonte de calor. (OLIVER, 1997, p. 1389)

Nas grandes áreas de latitudes médias isoladas da influência marítima, o clima é caracterizado por ventos fortes, grandes amplitudes térmicas diárias, grandes diferenças sazonais e geralmente baixa humidade relativa. Tanto o inverno como o verão são relativamente longos, com transições rápidas entre as duas estações. Estas são as principais características do clima continental, sendo a Arquitetura nele presente, variada, com soluções que respondem principalmente às épocas mais frias, tirando vantagem de aspetos naturais que incluem árvores e terra para proteção. As habitações são geralmente estabelecidas em ravinas e vales arborizados, ou cercadas de plantações que as protegem do vento. Na Ásia Central e Mongólia ainda hoje são usados os *Yurts*, habitações transportáveis, compostas por uma estrutura de madeira coberta de peles impermeabilizadas que oferecem uma notável resistência aos invernos polares, aos ventos fortes e calores tórridos das planícies. (OLIVER, 1997, p. 856)



3. *Malqaf*, torre de vento, Irão



4. *Batak Toba*, Indonésia

Nos climas desertos ou áridos, caracterizados pela predominância de céus limpos, fortes variações de temperatura diárias e sazonais, e evaporação proporcionalmente maior que a precipitação, é onde encontramos a maior quantidade de habitações no subsolo, quer em grutas quer escavadas. Estas providenciam um abrigo natural das temperaturas extremas, encontrando-se neste aspeto uma semelhança com massivos edifícios erguidos, com uma considerável espessura de paredes, permitindo tirar vantagem das elevadas amplitudes térmicas diárias através da inércia térmica. Normalmente de cores claras, estas maximizam a reflexão da radiação solar, impedindo uma maior propagação da energia para o interior. Os vãos tendem também a ter tamanhos reduzidos, sendo por vezes usadas profundas *loggias*, varandas e outros sistemas que permitem o sombreamento dos panos exteriores. Malhas de madeira ou mármore podem também ser encontrados em aberturas, para impedir a entrada da radiação solar e permitir a passagem de ar. (FATHY, 1986, p. 20) Nestes edifícios, as cozinhas aparecem perifericamente ou num complexo à parte, para evitar a propagação do calor ao resto da habitação. Cúpulas, geralmente sobre fontes ou jardins, aumentam a evapotranspiração e amenizam a temperatura interior. Outra solução engenhosa é também o *Malqaf*, que permite, através da convecção, a saída do ar quente sem a penetração dos raios solares no interior. (FATHY, 1986, p. 107;120)

Por outro lado, nos climas mais húmidos, de monção, subtropicais e tropicais, a inércia térmica não oferece qualquer vantagem, uma vez que a elevada humidade relativa e temperatura apresentam variações diárias e anuais bastante reduzidas. Nestes climas, prolifera a vegetação, o que se reflete na Arquitetura, principalmente nas habitações, construídas com recurso a elementos vegetais, de forma a evitar a penetração de radiação solar excessiva e permitir a dissipação da humidade através da ventilação. (OLGYAY, 1998, p. 1285) As coberturas, também de elementos vegetais, apresentam uma maior inclinação e oferecem proteção contra chuvas torrenciais. Na Indonésia, as casas *Batak Toba*, são elevadas sobre uma estrutura de madeira, que oferece proteção contra eventuais cheias e proporcionam um espaço de arrumação, convívio ou labuta. O acesso é feito através de escadas de madeira ou escadotes, que dão acesso ao andar superior onde se desenrola a vida privada. Este é protegido pela proeminente cobertura que através das aberturas permite uma constante ventilação. (OLIVER, 1997, p. 1112)



5. Templo *Shinmei-zukuri*, Japão



6. Ilhas Cíclades, Grécia

Nos climas marítimos, em zonas costeiras de meias latitudes dominadas pela influência dos oceanos, os verões são curtos e suaves e os invernos moderados, com características de clima temperado, húmido e variável. Tanto a primavera como o outono são mais extensos e a precipitação pode ocorrer em todas as estações. As respostas da Arquitetura a este tipo de clima são das menos consistentes, apesar de se denotarem algumas preocupações comuns. A orientação, quando conscientemente praticada, evita as direções dos ventos dominantes e tempestuosos, assim como características como a inclinação da cobertura, o uso de colmo, palha ou raízes e a redução de aberturas nos panos exteriores são comuns em habitações da Irlanda, Hungria e Japão. Devido à humidade presente nestes climas, a vegetação é prolífera, de forma que, não raras vezes, se verifica a aplicação da madeira na arquitetura. A humidade, contudo, acelera também a sua degradação, pelo que são escolhidas as mais resistentes, e no caso da cultura nipónica nem são usados elementos metálicos como pregos. Construções como o templo *Shinmei-zukuri*, erguido através de complexos encaixes, apresenta uma das estruturas de madeira mais antigas do mundo, com mais de um milénio. (OLIVER, 1997, p. 1001)

O clima mediterrânico, cuja denominação tem origem no clima influenciado pelo Mar Mediterrâneo, um grande corpo de água termicamente estável, cercado por terra, em latitudes médias, existindo poucos climas semelhantes noutros lugares. O efeito moderador da grande massa de água, estabiliza as temperaturas do ar e reduz as amplitudes diárias. Apesar do terreno acidentado e das montanhas circundantes do Mediterrâneo produzirem microclimas localizados de baixas amplitudes térmicas, a arquitetura vernacular é geralmente de alvenaria, independentemente da cultura, devendo-se provavelmente à fraca existência de florestas. São também típicas destes climas as habitações estucadas ou caiadas de branco, como as que se encontram no sul de Itália, Espanha e norte de África, vantajosamente refletindo a radiação solar do verão no exterior e distribuindo uma luz difusa no interior. Um outro exemplo paradigmático é a arquitetura tradicional que se encontra nas ilhas *Cíclades*, na Grécia, em que a acomodação a uma vida no exterior é permitida através de *loggias*, varandas, terraços, pórticos, pátios ou jardins murados. (OLIVER, 1997, p. 1549)



7. Iquitos, Perú

1.3. CONDICIONANTES DA PAISAGEM

O clima estabelece assim, os parâmetros que a arquitetura nele inserida deve ter em consideração, no desenvolvimento de respostas. Contudo, a multiplicidade dessas mesmas respostas que encontramos na arquitetura vernacular, é apenas passível de explicação no enquadramento com o contexto de localização. São as condicionantes da paisagem que determinam as possibilidades e limitações dos recursos disponíveis, da mesma forma que é a articulação destes com os fatores culturais, sociais, económicos e funcionais na interpretação do local, que definem as soluções adotadas e enquadram esta arquitetura como expressão direta do quotidiano das pessoas. A paisagem, que no seu estado natural, é o resultado de uma longa evolução através de processos geológicos, climáticos e biológicos, é no processo de estabelecimento do homem, transformada através do cultivo e exploração da natureza, ganhando uma carga cultural recíproca ao edificado. Estes estabelecem-se assim como indicadores diretos ou indiretos da forma que as pessoas encontraram de se relacionar com a natureza e do tipo de experiência que criaram.

Este fenómeno é particularmente evidente nas zonas onde os recursos são abundantes, e as condicionantes da paisagem são mais favoráveis, permitindo alocar um maior número de indivíduos e, conseqüentemente, sofrendo a paisagem maiores alterações. De facto, grande parte da população mundial encontra-se estabelecida em paisagens de altitudes abaixo dos 300 metros, nas proximidades de massas ou cursos de água, onde há vantagens de aproveitamento da mesma e das terras fertilizadas pelos nutrientes transportados pelos rios. Com efeito, o aparecimento das mais significativas civilizações do mundo antigo, deu-se nas proximidades de proeminentes rios, que contribuíram para a proliferação da vida económica e social. A importância que estes representam é adicionalmente afirmada pelos aspetos religiosos, sagrados e simbólicos por vezes atribuídos aos mesmos. Em *Iquitos*, na parte peruana da floresta amazónica, os povoados situam-se dispersos nas margens do rio sobre a água, que é o fulcro dos rituais de purificação. Aqui o rio providencia também a principal fonte de alimento e serve como meio de ligação entre os povoados. (OLIVER, 1997, p. 1636)

Nas localizações costeiras também se encontram prósperos povoamentos. Porém, estas paisagens aparecem em distintas formas, como encontros rochosos entre o mar e a terra, areais, fiordes, estuários e deltas. Também as diferenças climáticas, movimento específico da água, a flora e fauna marítima e o tipo de solo e vegetação em terra são decisivos fatores no estabelecimento e desenvolvimento dos povoamentos. Adicionalmente, é preciso ter em conta que estas são as paisagens mais suscetíveis a mudanças ambientais, dependentes da subida ou descida do nível da água do mar, ondas, marés, cheias, sedimentação, erosão, entre outros. A consciência destas mudanças reflete-se na arquitetura, levando as pessoas a estabelecerem-se a uma considerável distância do mar, a adotarem uma construção precária, que possa ser rapidamente reconstruída ou reparada, ou a resistir às mudanças através de medidas defensivas, como plantações, como é o caso do Pinhal Real em Leiria, diques ou barreiras. É também característico destes povoamentos a proximidade com um porto, geralmente abrigado na foz de um rio, o que permite o acesso a água doce e a proteção de embarcações. Nestes são características as atividades como o transporte, o comércio, acomodação de viajantes e o refinamento dos produtos marítimos. Contudo, a direta comunicação com outras regiões, expõe estes povoamentos à influência de outras culturas, estilos e à importação de tecnologias e materiais de construção. Estes locais tornam-se assim focos de proliferação económica, como é o caso de *Dubrovnik* na Croácia, que se desenvolveu maioritariamente com base no comércio marítimo. Apesar de não se poder estabelecer nos parâmetros da arquitetura popular, a cidade tem uma forte componente tradicional, que conserva desde o século XVI. (OLIVER, 1997, p. 1488)

A abundância de recursos permite assim uma maior alocação de pessoas e a proliferação da construção. Contudo, é nos locais onde os recursos são escassos que observamos uma maior diversidade de soluções construtivas. Nestes, a densidade populacional é menor, e as exigências impostas pela paisagem são maiores, sendo as pessoas forçadas a procurar diferentes abordagens a semelhantes problemas. Adicionalmente, as adversidades incentivam a proliferação de culturas diversas, permitindo um crescente desenvolvimento localizado, o que se reflete no âmbito cultural. São os locais mais pobres e onde os humanos se estabeleceram há mais tempo, onde se regista uma maior diversidade de línguas, tradições e tipologias da arquitetura vernacular.



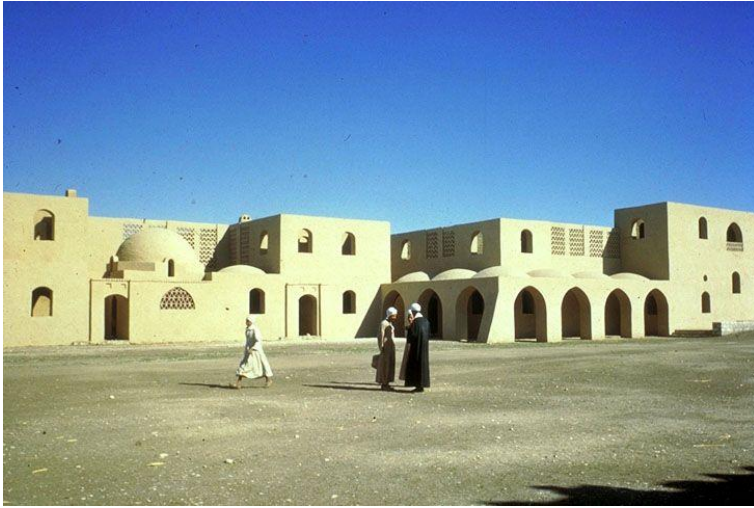
8. Ponte em *Meghalaya*, India



9. Capadócia, Turquia

Em *Meghalaya*, nas paisagens montanhosas do nordeste da Índia, por exemplo, a região encontra-se suscetível às torrentes de água provenientes dos Himalaias. Aqui as habitações tradicionais dos *Khasi*, apesar de obedecerem a consistentes princípios, tomam diferentes formas baseadas em diferenças culturais e religiosas. Contudo, são evidentes as condicionantes impostas pela paisagem na arquitetura em todas elas. Aqui a madeira é o material abundantemente disponível e utilizado, transportada até pontos altos onde as habitações não são afetadas pela destrutiva força das cheias. Porém é nas pontes que se observam as soluções mais impressionantes, feitas através da moldagem de árvores no processo de crescimento, são pontes que levam gerações a construir. A raiz serve como fundação para evitar serem arrastadas pelas águas, sendo geralmente feitas aos pares, a dois níveis, para o caso de tal eventualidade. (OLIVER, 1997, p. 937)

Em locais onde a precipitação é escassa, a vegetação é tendencialmente menos prolífera, o que apresenta maiores desafios ao estabelecimento de povoados. Nestes locais a densidade populacional é consideravelmente baixa e é recorrente o nomadismo e a transumância. Outros fatores como a altitude, o declive, fracos acessos e temperaturas extremas afetam também o estabelecimento das povoações e a densidade populacional pelas dificuldades que apresentam. Em Capadócia, por exemplo, situada em planaltos turcos a 1100 metros de altitude, raramente chove e as temperaturas apresentam uma grande variação diária, chegando a roçar ambos os extremos no mesmo dia. Aqui a resposta vernacular veio do solo, de rocha macia composta por finas partículas, onde foram escavadas as habitações, permitindo uma uniformidade estrutural, possibilitando a formação de paredes verticais estáveis e de espaços consideráveis. O recurso a esta solução apresenta várias vantagens, tanto ao nível da estabilidade térmica, que permite também uma longevidade dos produtos armazenados, como a libertação de terras para cultivo. (OLIVER, 1997, p. 1471)



10. Projeto de Hassan Fathy, Nova Gourna

1.4. O TRADICIONAL E O MODERNO

A arquitetura vernacular, que existiu durante muito tempo como pano de fundo, ganha no início do século XX um novo enfoque no mundo da arquitetura. O sucesso desta deveu-se aos aspetos racionais, funcionais e ao uso de materiais locais. Porém, a abordagem dos arquitetos modernos à arquitetura vernácula centrou-se nos aspetos que apoiavam as suas posições ideológicas. Esta foi encarada como severamente utilitária, resultado de respostas racionais a limitações rigorosas, durante um longo período de tempo. Era uma arquitetura pragmática, de necessidade, em vez de uma arquitetura de orgulho. A lição a aprender com a arquitetura dos camponeses não era necessariamente as suas formas, mas o modo como estas davam uma resposta direta à função. Este pensamento era compartilhado por Frank Lloyd Wright, que descreveu a arquitetura vernacular como "*edifícios populares que cresceram em resposta às necessidades reais, ajustados ao meio ambiente por pessoas que não conheciam melhor do que encaixá-las com elemento nativo*"(OLIVER, 1997, p. 13). Deste modo, as lições aprendidas eram vantajosas para o trabalho do arquiteto, uma suposição que não foi submetida a um grande escrutínio.

A arquitetura vernacular, inicialmente usada para justificar a abordagem racionalista de projeto, foi mais tarde usada para criticar os resultados dessa mesma abordagem. O regionalismo crítico veio realçar a indiferença que os edifícios demonstravam em relação ao local de implantação, interpretando o processo iniciado pelo movimento moderno numa antítese entre cultura vernacular e global. Bernard Rudofsky, como um dos defensores desta visão, montou em 1964, uma exposição fotográfica no Museu de Arte Moderna de Nova York intitulada "Arquitetura sem Arquitetos"(RUDOFSKY, 1970). Esta exposição representava exemplos de arquitetura vernácula de todo o mundo apresentada sob um divergente ponto de vista, como elemento próprio de qualidades: a escala humana e a riqueza da variedade. Também Hassan Fathy, na década de 1940, realizou uma experiência de projeto, através da construção de tijolos de barro e planeamento comunitário para a vila egípcia de Nova Gourná. Aqui, Fathy propõe uma colaboração entre o arquiteto, artesãos e os eventuais utilizadores do edifício. Voltando-se para os materiais locais, formas tradicionais e técnicas de construção, criou uma estética de linguagem árabe no movimento moderno. (FATHY, 2009, p. 13:30)

O século XX surgiu na construção a substituição dos materiais tradicionais e a transição para novos processos de manufatura e transporte, marcando o início de uma nova era. Com o exponencial aumento demográfico e económico, a proliferação industrial levou ao crescente afluxo das populações rurais para os meios urbanos, para se tornarem parte da mão-de-obra. Assim, cresceram as cidades e aumentou a procura de habitação, marcando o século XX pela construção em massa, com técnicas de construção novas, mais rápidas e baratas. A construção fica menos dependente dos materiais disponíveis localmente, e a herança do conhecimento e técnicas tradicionais, foram progressivamente perdidas ou esquecidas. (FATHY, 1986, p. 10)

Adicionalmente, entre os anos 1930 e 1970 assistiu-se ao massivo consumo de energia barata, que em conjunto com a popularização de novas tecnologias no controlo da temperatura interior, permitiram a conceção de edifícios independentes do clima. As preocupações energéticas não eram uma premissa aquando do desenvolvimento de novas habitações, que em contraponto com o desempenho térmico revelavam vários pontos fracos. O racionalismo e funcionalismo deram origem ao desenho de espaços que as pessoas podiam ocupar sem a compressão prévia das condicionantes históricas específicas que moldaram os modos de habitar de cada população, entendendo que todos os seres humanos apresentam as mesmas necessidades independentemente da cultura e geografia onde se encontram. (MONTANER, 2001, p. 18)

Em Portugal este fenómeno também se observou, devido essencialmente às intensas transformações de que foi alvo, como as grandes vagas de emigração nos anos 50 e 60, a queda do regime em 1974 e o conseqüente afluxo para Portugal dos emigrados das ex-colónias. (VIEIRA, 1997) Com acesso a novos materiais e alguma riqueza armazenada no período de emigração cresceu a construção nos meios rurais de casas que resultavam de uma mistura de culturas, e num desejo de ostentação, criando volumes extravagantes, fechados a maior parte do ano e totalmente descontextualizados do lugar e descaracterizadores da paisagem (FERNANDEZ, 1997). Contudo, podemos denotar reminiscências da Arquitetura tradicional nestas casas de dois pisos, o primeiro para o gado, ocupado agora pelo automóvel e arrumos, e o segundo para habitação com um acesso por escadas exteriores, agora alternativo. O antigo e tradicional é substituído pelas varandas de betão ao estilo do *“Chalet Francês”* de forma esplendorosa e ingénua.

(OLIVER, 1997, p. 1528) Estas e outras construções recentes têm vindo a mudar a imagem dos povoamentos, numa época em que se assiste ao crescimento do turismo rural, este é *“um património que é preciso acautelar e que encerra ainda preciosas lições. Povoados e edifícios singelos, coerentes e harmoniosos, que na maior parte dos casos, estão a ser remodelados para pior, sem critério nem vantagem”*. (AMARAL et al., 2004, p. XXII)

A falta de regulamentação em Portugal aparenta ter despoletado assim uma construção com grandes desajustes às exigências contemporâneas, impulsionada pela especulação imobiliária, facilidade de construção e preços acessíveis, resultando num certo menosprezamento pela qualidade.

“Portugal é um dos países da União Europeia onde mais se morre por falta de condições de isolamento e aquecimento nas casas.” (LUSA, 2010)

O excesso de mortes no inverno é maior em Portugal do que na Escandinávia, onde os invernos são mais severos. Estas estão relacionadas mais com as temperaturas interiores do que com as exteriores, sendo a falta de condições das habitações e de capacidade de aquecimento os pressupostos fatores que aumentam o risco de mortes no inverno. (TTHOMSON & PETTICREW, 2005)

É neste âmbito, que se torna evidente a relevância da análise deste conhecimento que temos à disposição na arquitetura vernacular. Desenvolvido com poucos recursos e sem meios de climatização mecânica, ou qualquer eletricidade para este propósito, conseguiam atingir um conforto térmico interno razoável tirando partido do ambiente envolvente. (FATHY, 1986, p. 14) Hoje, com novas tecnologias ao nosso dispor, é possível definir uma estratégia que explore o potencial que a Arquitetura e o planeamento encerram como parte da solução. Conciliando ambos os mundos, é possível desenvolver estes conceitos de eficiência energética com raízes no nosso património. Tal, pode contribuir para o melhoramento do ambiente construído, primazia da qualidade e aumento da eficiência energética das habitações em Portugal, reduzindo complementarmente a vulnerabilidade do país a futuras crises energéticas da macroeconomia.

2. BIOCLIMÁTICA E A ARQUITETURA EFICIENTE

2.1. SUSTENTABILIDADE E O DESENVOLVIMENTO ATUAL

O desenvolvimento da eficiência energética e com efeito, da denominada Arquitetura sustentável, encontra-se intrinsecamente ligado às crises energéticas. De facto, foi durante a década de 1970, que conceitos como a Arquitetura ecológica, sustentável e bioclimática ganharam enfoque, após a primeira grande crise energética relacionada com o petróleo em 1973. Esta situação originou um manancial de medidas respeitantes à redução do consumo e a cada crise energética que se seguiu foram sendo tomadas novas medidas para melhorar a eficiência no consumo energético. (SHAH, 2004, p. 36) Foram criados novos impostos sobre combustíveis e veículos ineficientes, novas regulamentações sobre consumos de aparelhos elétricos e intensificadas as pesquisas e produção de energias renováveis. Contudo, os anos de desenvolvimento, desde a primeira crise, tornaram evidente que o termo eficiência energética, nem sempre é o sinónimo de sustentabilidade, uma vez que o envolvimento dos mercados e da economia na equação tornam a questão paradoxal. Com o aumento da eficiência no consumo energético, os mercados ficam mais otimizados, encorajando as pessoas a consumirem mais. Desta forma, o aperfeiçoamento de tecnologias eficientes, resulta na queda de preços, estimulando um consumo maior, não menor. (SHAH, 2004, p. 40)

A Arquitetura, por outro lado, não aparenta acompanhar esta tendência, apesar do desenvolvimento de energias renováveis, da criação de empresas de certificação energética e de alguma regulamentação, os edifícios continuam de modo geral a demonstrar um uso substancialmente ineficiente da energia. Esta questão ganha vulto quando analisada num panorama geral, uma vez que a indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos sectores da economia global. Na Europa, este emprega cerca de 18 milhões de pessoas constituindo cerca 9% da economia Europeia. Adicionalmente o parque edificado representa cerca de 40% do consumo total de energia e é responsável por cerca de 35% dos gases que provocam efeito de estufa. (CE, 2017) A indústria da construção consome também mais energia e matérias-primas

que qualquer outra atividade económica. De facto, dos 2 598 milhões de toneladas de resíduos produzidos na União Europeia anualmente, o sector da construção é responsável por 33,5%, acabando parte incinerado e cerca de metade em aterros, ocupando terreno com elevados riscos de poluição do ar, da água e do solo. (EUROSTAT, 2016) Apesar do potencial de aproveitamento e reciclagem de uma grande percentagem destes resíduos, poucos países o fazem, dos quais, Portugal não faz parte.

Preocupações sobre eventuais e consequentes cenários, colocaram esta problemática na agenda global. Após os primeiros esforços presentes no tratado de Quioto, foi assinado em 2015 o Acordo de Paris, em que Portugal se compromete a reduzir as emissões de gases como o CO₂ entre 30% e 40%. Também na União Europeia foram criadas medidas como a Diretiva 2010/31/UE, relativa ao melhoramento do desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/EU que visa reduzir em 20% as emissões CO₂, atingir os 20% de energias provenientes de fontes renováveis e melhorar em 20% a eficiência energética (UE, 2010, 2012). A Diretiva 2008/98/EC promove a reciclagem e redução dos resíduos produzidos, estipulando a redução em 70% dos RCD (resíduos de construção e demolição) não tóxicos (UE, 2008).

Estas diretivas não indicam propriamente uma obrigatoriedade oficial de aplicação total, sendo, contudo, esperada uma progressão gradual na eficiência e sustentabilidade da indústria da construção. Para atingir os objetivos propostos é preciso estabelecer novos parâmetros e exigências, consciencializar os mercados, democratizar a informação respeitante à eficiência dos edifícios e construir de acordo com a vida média dos edifícios e o seu impacto ambiental. Um exemplo de sucesso neste âmbito é a norma *“Passivhaus, um conceito já adotado com um grande sucesso em milhares de construções novas, em mercados como Alemanha e Áustria, que representa uma experiência concreta já percorrida e assimilada”*. (ASCENSO, 2012, p. 11) Esta é uma norma que define um padrão de eficiência, tanto ao nível energético como de conforto. Também economicamente acessível, visa atingir poupanças energéticas na ordem dos 75% em comparação com os edifícios convencionais, de acordo com a regulamentação atual, com exigências de conforto interno de temperatura uniforme, sem grandes variações e uma boa qualidade do ar interior. (WASSOUF, 2014, p. 9:13)

2.2. PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS E SOLARES PASSIVOS

Em traços largos, a arquitetura bioclimática ou solar passiva consiste no desenho de edifícios, focando-se não na produção de energia, mas no uso eficiente da mesma, recorrendo a soluções que permitam controlar as perdas e os ganhos térmicos, mediante as condições climáticas do local de implantação. Recorrendo aos elementos naturais disponíveis, nomeadamente o sol, vento, chuva e vegetação, visa através da maximização do aproveitamento destes, atingir níveis de conforto térmico interno satisfatórios. (OLGYAY, 1998, p. 12) Esta arquitetura é, na verdade, apenas um conceito relativamente recente, para classificar uma série de atitudes no processo de projeto que estão presentes na arquitetura vernacular desde há muito. Nesta, as pessoas por força das condicionantes, recorrem a alternativas naturais do meio envolvente e aos materiais locais, resultando assim desde cedo na conceção de uma construção eficiente. (SERRA & COCH, 1995, p. 20) O conceito do *Malqaf*, por exemplo, que é usado na arquitetura vernacular do médio-orient e norte de África, foi no edifício *Eastgate*, Zimbabué, adaptado para permitir a redução dos custos de arrefecimento através da ventilação e do controlo de fluxos de forma a promover as perdas térmicas interiores.

Com recurso aos conhecimentos científicos, a bioclimática permite-nos um entendimento concreto das soluções a aplicar e a quantificar o seu efeito no edifício. Num dos melhores climas da Europa, a construção em Portugal revela exigências menores que noutros países para conseguir atingir os mesmos níveis de conforto. Para tal, contudo, é preciso conhecer as condicionantes ambientais, de modo a trabalhar com, e não contra as mesmas, fazendo uso das suas potencialidades para melhorar o conforto sem que implique o envolvimento de despesas acrescidas. (OLGYAY, 1998, p. 12) Assim, visto ser desnecessário o recurso a complexas tecnologias, o sucesso da climatização passiva depende apenas da experiência, dos conhecimentos e da criatividade aplicados ao desenho do edifício. A principal vantagem da aplicação destes princípios é a obtenção de condições de conforto interno com o mínimo consumo de energia possível, uma vez que os custos de manutenção associados a este tipo de edifícios, em iluminação, ventilação e climatização, sejam substancialmente mais baixos. (GIVONI, 1998, p. 4) Se a estas medidas forem complementares medidas ativas, como é o caso dos painéis solares térmicos para aquecimento de águas, dos painéis solares-fotovoltaicos para

produção de energia elétrica, entre outras, pode-se conseguir que o edifício seja mais eficiente e com um nível de conforto associado igual ou até mesmo superior ao de um outro edifício convencional. Poder-se-á assim, afirmar que a construção sustentável e a arquitetura bioclimática detêm um grande potencial de aplicação em Portugal. Porém, tal não pode partir de uma formula generalizada, pois as condicionantes são distintas de um edifício que se encontre na cidade ou no campo, numa montanha ou numa planície, variando as condições do bem-estar físico.

2.2.1. CONFORTO TÉRMICO

O conforto interno é determinado essencialmente pelo conforto acústico, visual e térmico, sendo este último campo o foco de estudo pretendido neste trabalho. Contudo, é necessário ter em conta que a sensação física é muitas vezes influenciada por fatores individuais ou subjetivos, os quais mutáveis através dos tempos; como o uso de indumentárias; tipos de atividades praticadas no interior; expectativas; tipos de ocupação. Considera-se, no entanto, que o ser humano se encontra em conforto térmico, quando à temperatura normal, a taxa de produção de calor é igual à taxa de perda. Este fenómeno depende dos intercâmbios energéticos e das formas que o metabolismo tem para manter umas condições internas estáveis. (SERRA & COCH, 1995, p. 20) Contudo, fatores como a temperatura, humidade relativa, insolação e movimentação do ar, criam alterações substanciais no ambiente envolvente que vão além das capacidades de adaptação do metabolismo. Para o efeito, usam-se barreiras defensivas portáteis, como é o caso do vestuário, e fixas, os edifícios. Para estes últimos, a bioclimática permite-nos determinar a eficiência dos mesmos, através de ferramentas que analisam as características climáticas para um determinado local do ponto de vista do conforto humano.

Uma das ferramentas pioneiras neste âmbito é o diagrama de Olgay que permite, através do estabelecimento de uma relação entre a humidade relativa e a temperatura do ar, analisar e estudar as melhores estratégias a adotar no desenvolvimento do projeto. Amplamente mais usado é o gráfico psicrométrico de *Givoni*, que permite determinar quais as estratégias a adotar em função das condições higrométricas do edifício

para uma determinada época. Considerando as variáveis físicas e fisiológicas, este gráfico regista as ocorrências dos estados do ar, também em termos de temperatura e humidade relativa, que dependendo da localização que as mesmas assumem na carta indica o tipo de clima do local. (GIVONI, 1998, p. 5) Deste modo, pode-se definir o tipo de estratégias mais adequadas ao bom desempenho do edifício. Estas assumem na carta geralmente a forma de uma mancha, indicando, mediante o espaço e localização das mesmas em função da temperatura e humidade relativa, a influência que operam na estabilização da temperatura interior.

2.2.2. MEDIDAS SOLARES PASSIVAS

As medidas solares passivas que, na sua concepção, através das variáveis climáticas, abordam o Sol num papel fundamental na interação com o edifício, visam a compreensão de conceitos fundamentais de transmissão de energia, de modo a propiciar um aproveitamento positivo e eficiente dessa energia de forma a criar condições de conforto térmico adequadas a cada espaço. Estas assentam em dois primordiais paradigmas, dependentes da carga e fluxos energéticos. Quando estes se estabelecem do interior para o exterior, o que ocorre fundamentalmente no inverno, trata-se de perdas térmicas, que constituem o principal motivo para a diminuição da temperatura interior e um dos principais aspetos a ter em conta no projeto. No caso dos ganhos térmicos, dão-se quando os fluxos energéticos se invertem, ou seja, do exterior para o interior, o que ocorre geralmente no verão, aumentando a carga térmica de um edifício e conseqüentemente a temperatura interior. Desta forma, o Sol é uma fonte de calor de relevante importância na sua interação com o edifício.

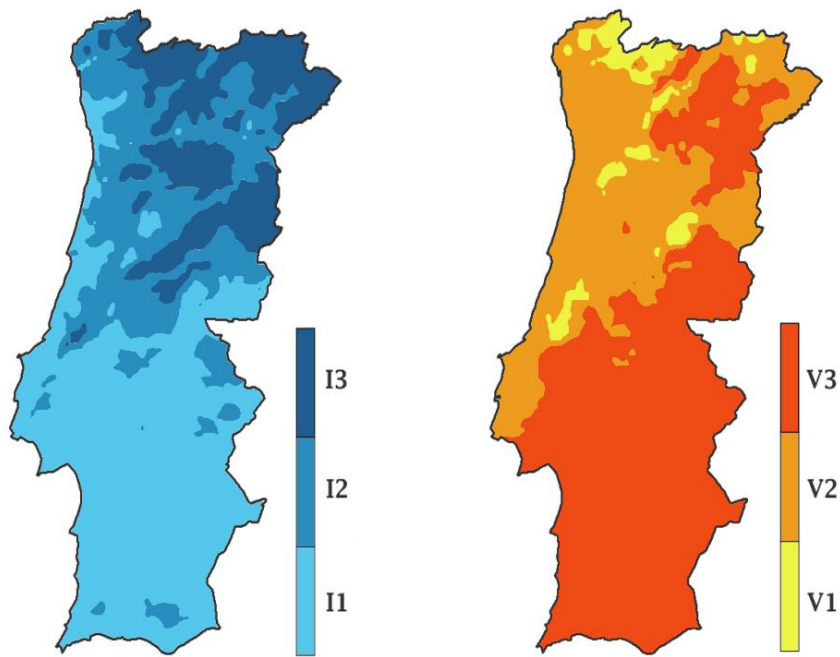
Essa energia denomina-se por radiação solar, que recebida por um edifício constitui a maior fonte de energia utilizada na arquitetura bioclimática. A intensidade da radiação é determinada pela duração da exposição solar e o ângulo de incidência dos raios solares recebidos ao longo do dia e do ano, o que depende da trajetória do Sol. Nos equinócios, em Portugal, o Sol nasce precisamente a leste e põe-se a oeste, marcando a diferença entre as trajetórias do inverno e verão e a diferença de intensidade da radiação e de tempo de exposição solar nas duas estações. Desta forma, escolhas de projeto como a

orientação e sombreamento das fachadas e dos vãos, dimensão e tipos de envidraçados, têm o potencial de fazer a diferença na quantidade de energia absorvida e transmitida para o interior. Em suma, para o caso de Portugal, no inverno interessa promover os ganhos de radiação, de preferência através de vãos envidraçados orientados para o quadrante sul. No verão interessa restringir esses ganhos, pelo que é importante recorrer a sistemas de sombreamento. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 5;7)

Contudo, nem só os vãos estão sujeitos à transmissão de calor. De facto, a energia recebida por qualquer superfície pode chegar de três modos distintos; por radiação direta, a forma de radiação mais intensa; por radiação difusa, a radiação que foi difundida em todas as direções pelas moléculas de ar e por partículas que compõem a atmosfera; por radiação refletida por outras superfícies. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 8) Assim, o ganho solar direto é a forma mais simples de aproveitamento passivo, da energia solar, evidenciando a importância do tratamento dos vãos como elemento chave.

Tais medidas podem, no entanto, revelar-se ineficazes se o resto da envolvente do edifício for descuidada, uma vez que através destas, a transmissão de calor por condução pode resultar em perdas ou ganhos térmicos indesejados. Assim, restringir a condução é uma estratégia bioclimática que, no caso de Portugal, se deve promover nos edifícios, tanto no inverno como no verão, visando minimizar tais efeitos. Os elementos construtivos devem ter, desta forma, uma inércia térmica adequada, seja através de materiais isolantes, janelas adequadas ou colmatação de pontes térmicas.

Contudo, a temperatura depende também de outros fatores como o vento, a altitude e a natureza do solo. O Sol aquece a atmosfera direta e indiretamente, uma vez que a energia solar que o solo recebe e acumula, é reemitida de volta através de calor, por *radiação* e *convecção*, sendo depois propagada por *condução*, ou por difusão, através do vento. Desta forma, durante o dia, com uma maior quantidade de radiação direta incidente, a temperatura tem tendência a subir, revertendo-se esta durante a noite. A intensidade com que este fenómeno se processa depende da quantidade de humidade relativa presente no ar, influenciada não só pela temperatura, mas também pelo volume de precipitação, vegetação, tipo de solo e condições climatéricas.



11. Zonas Climáticas de Portugal

A humidade do ar influencia profundamente a sensação de bem-estar, visto que uma das formas que o corpo tem de regular a temperatura passa pela evaporação. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 8)

Para o controlo da humidade e temperatura do ar, na arquitetura vernacular, é comumente usado o vento, através da deslocação de massas de ar de uma zona de alta para uma zona de baixa pressão. A velocidade e intensidade do mesmo constituem uma desvantagem no inverno, uma vez que é um dos fatores que contribui para o arrefecimento dos edifícios por convecção. Contudo este constitui uma vantagem no verão, permitindo arrefecer a atmosfera, principalmente, quando em zonas de baixa humidade, é aliado a massas de água, em pequena ou em larga escala, regulando as variações de temperatura. De facto, a vaporização da água é um processo que retira energia do ambiente, permitindo um certo arrefecimento do ar. (FATHY, 1986, p. 20)

Hoje, com o fácil acesso ao vidro pode-se tirar partido do efeito de estufa, o fenómeno em que a radiação entra num local, mas não consegue voltar a sair, aumentando a temperatura do mesmo. Para este fenómeno as propriedades do vidro são determinantes, uma vez que é transparente à radiação do espectro com curto comprimento de onda, como os raios ultravioleta, mas é opaco à radiação com comprimento de onda maior, como os infravermelhos. Desta forma, o vidro constringe a energia radiante no interior, o que é particularmente vantajoso nas estações frias.

Para a aplicação dos princípios bioclimáticos nos edifícios, na perspetiva da adequação dos mesmos às condições climatéricas de Portugal, o RCCTE define valores térmicos de conformidade, a introduzir nos projetos de arquitetura, de forma a atingir o conforto térmico dos edifícios. (Diário da República, 2006) Com base nestes, Helder Gonçalves e João Mariz Graça propõem, através do LNEC, a aplicação de estratégias específicas a cada região em conformidade com os valores definidos e com os tipos de inverno e verão existentes em Portugal (11). Estes são definidos em seis zonas climáticas, três para o inverno e três para o verão, de acordo com a intensidade climática registada em cada estação. Deste modo, esta informação permite-nos determinar o tipo de realidade climática de cada região. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 13;25)



12. Habitação de Malpica em 1950 e 2017

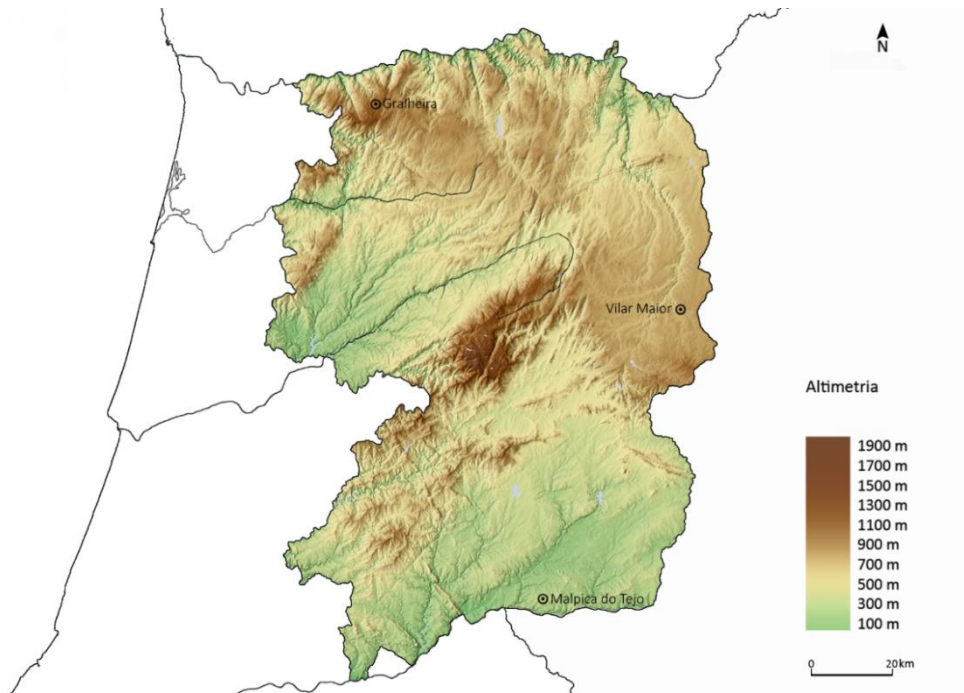
3. ENQUADRAMENTO TERRITORIAL

3.1. A REGIÃO E CASOS DE ESTUDO

O território em análise, que compreende sensivelmente a Beira Alta e Beira Baixa, possui uma enorme diversidade de condicionantes ambientais. Estas, em conjunto com alguns povoamentos que ainda se encontram num relativo bom estado de conservação, permite uma melhor aproximação e entendimento da relação que as tipologias da habitação vernacular estabeleciam com a paisagem. Estes são os principais fatores que motivaram a escolha dos casos de estudo: a Gralheira (Distrito de Viseu), Vilar Maior (Distrito da Guarda) e Malpica do Tejo (Distrito de Castelo Branco). Apesar de estes exemplos não refletirem a total diversidade das abordagens às condicionantes ambientais presentes na região, os distintos traços e atributos das paisagens e arquitetura das localizações em análise, visam estabelecer, através do enquadramento de casos concretos, um plano geral dessa mesma diversidade.

Embora pertencentes a uma região comum, a da antiga Beira, as pessoas que as habitavam, detinham modos de vida e necessidades distintas, que influenciaram a forma da habitação e de ocupação das mesmas. Deste modo, para um mais abrangente entendimento dos fatores de influência e sua correlação, é incontornável uma abordagem às componentes da paisagem, clima, história, economia, cultura e região. Uma vez que grande parte das habitações vernaculares se encontra hoje adulterada ou abandonada, uma análise restrita ao contexto atual seria imprecisa e incompleta. Por fim, encontrei na observação presencial, um complemento essencial para o abstrato entendimento desta paisagem e da relação que possui com a arquitetura e gentes que a ocupam.

“Jungida assim à razão centrípeta da granítica matriz, a Beira ganha um sentido geográfico que não anda nos mapas administrativos, mas se imprime na retina.” (TORGA, 1950)



13. Mapa da altimetria da região

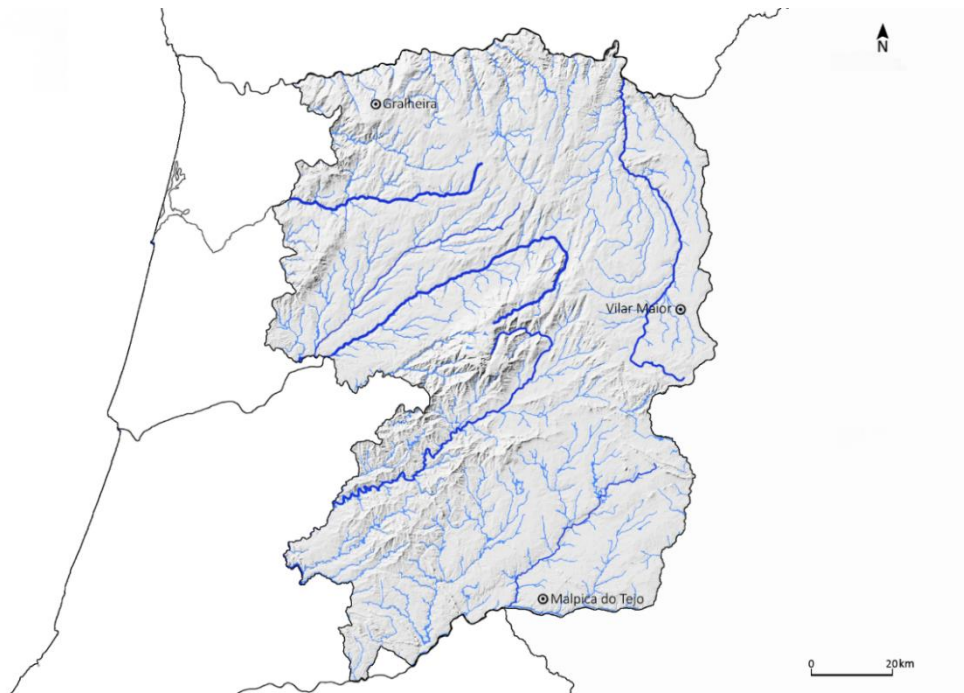
3.2. COMPONENTES DA PAISAGEM

3.2.1. RELEVO

O relevo condiciona o estabelecimento e desenvolvimento de povoações através dos acessos, construção e agricultura. Na parte ocidental da Beira Alta, que é delimitada a oeste pelo Caramulo e estendendo-se até à Serra da Estrela e aos vales do Vouga e Mondego, que dão acesso aos ventos marinhos ao interior, é a zona mais fértil do território. (GIRÃO, 1933, p. 83) Já nos vales do Douro e serra de Montemuro (1381 m), onde se localiza a Gralheira a 1103 m de altitude, as paisagens são inóspitas, com solos pobres. No limite desta serra, junto à fronteira, estende-se uma zona planáltica rodeada de outras serras e que ocupa uma vasta extensão territorial da beira transmontana, incluindo vales de rios e ribeiros afluentes do Douro. (AMARAL et al., 2004, p. 221) É nesta zona que se localiza Vilar Maior, sobre um maciço rochoso, a 770 metros de altitude, que faz parte da Meseta Ibérica, abrangendo planaltos com cotas médias de 700 metros, a que o povo chama de “*Terra Fria*”. (GIRÃO, 1933, p. 88)

Na zona onde se encontram os três distritos eleva-se a Cordilheira Central, de que fazem parte as serras da Estrela (1993 m) e da Gardunha (1227 m), que se encontram divididas por uma depressão, a Cova da Beira, formada por ação da tectónica de fracturação, na origem do levantamento da cordilheira e planaltos. (RIBEIRO, 1949, p. 96) Em particular na primeira, as encostas de declive mais acentuado permitem construir com maior altura surgindo casas de três andares, como é o caso do Paul. Isto permite a acomodação animal e doméstica sob o mesmo telhado, como acontece comumente na região, libertando a terra fértil para a agricultura.

Também a parte ocidental do distrito de Castelo Branco, é composta por uma região montanhosa, contudo, de média altitude. Já a sudeste, estende-se uma superfície de planuras, na ordem dos 300 metros, que são pontilhadas por pequenos relevos montanhosos e dispersos, como Monsanto. Aqui a paisagem remonta-nos já para o Alto Alentejo, zona que Amorim Girão denomina de “*Beira Alentejana*”, estendendo-se até ao rio Tejo, onde se localiza Malpica do Tejo a uma altitude média de 330 metros. (GIRÃO, 1933, p. 96)



14. Mapa hidrográfico da região

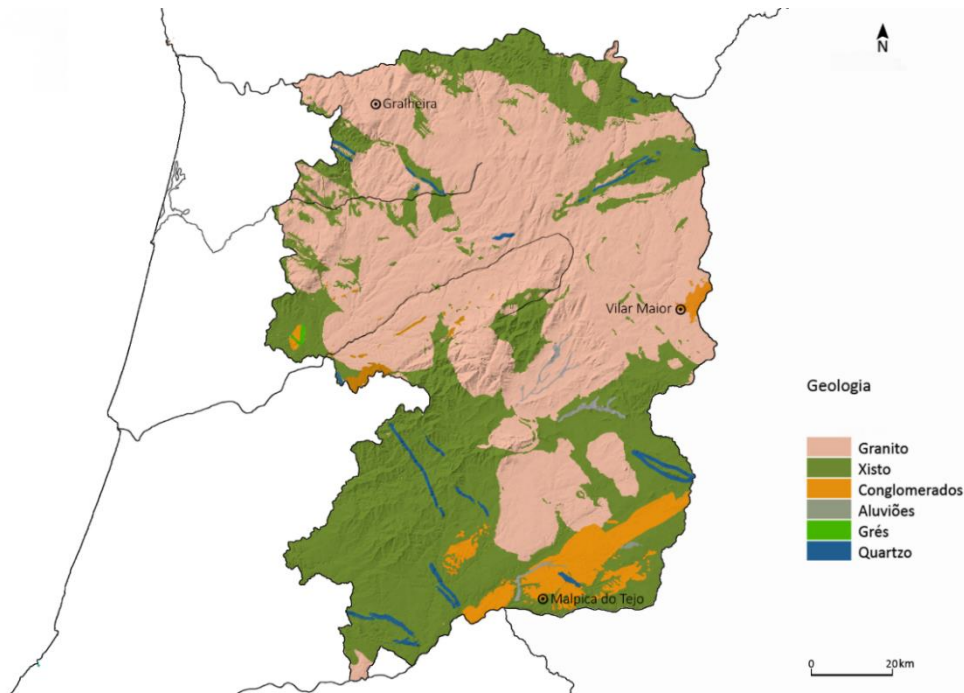
3.2.2. HIDROGRAFIA

Também a hidrografia é um fator a ter em conta no estabelecimento dos povoamentos, uma vez que a proximidade de água potável é crucial. Na região encontram-se quatro das principais bacias hidrográficas de Portugal, sendo a do Douro e do Tejo as mais proeminentes no território. Compostas por numerosos cursos de água, que retalham os terrenos montanhosos, estes desempenhavam até há poucas décadas, um crucial papel no desenvolvimento, transporte e comunicação da região.

A bacia do Douro abrange o norte e nordeste, sendo o rio, o delimitador da região. Este representa uma fonte de desenvolvimento, fazendo noutras épocas, mover as azenhas que se encontravam nas suas margens, e hoje, através do amplo aproveitamento hidroelétrico das barragens. Na margem sul desaguam os rios Paiva, Cabrum (que passa pela Gralheira), Varosa, Tedo, Távora, Torto, Teja e Côa. (GIRÃO, 1933, p. 94) Este último de maior dimensão nasce nos Foios e percorre o território na direção sul-norte ao longo de 135 km, encontrando-se Vilar Maior entre duas ribeiras suas afluentes.

A bacia do Vouga abrange a parte noroeste, onde a norte de Viseu percorre a região na direção este-oeste ao longo de 148 km, com a sua nascente na Serra da Lapa. A bacia do Mondego caracterizada pelo alinhamento e paralelismo do curso principal e seus afluentes, estende-se, desde a Serra da Estrela onde se encontra a sua nascente, até à zona a sul de Viseu. No inverno são comuns enchentes devido à intensa precipitação na bacia hidrográfica. (MARTINS, 1940, p. 90) Dos seus afluentes destaca-se o Alva e o Dão.

A bacia do Tejo abrange sensivelmente a parte sul respeitante ao distrito de Castelo Branco, delimitando este a região a sul. Da bacia hidrográfica na região, fazem parte dos seus afluentes os rios Zêzere, Ocreza e Ponsul. O Zêzere, sem dúvida o mais importante dos afluentes, nasce também na Serra da Estrela, percorrendo o vale glacial até à Cova da Beira e encaixando-se novamente nas rochas do maciço antigo, onde segue em meandros até à foz. (RIBEIRO, 1949, p. 1;6) Apesar de Malpica do Tejo não ser atravessada por qualquer linha de água, encontra-se bastante próxima da foz do rio Ponsul com o Tejo.



15. Mapa da litologia da região

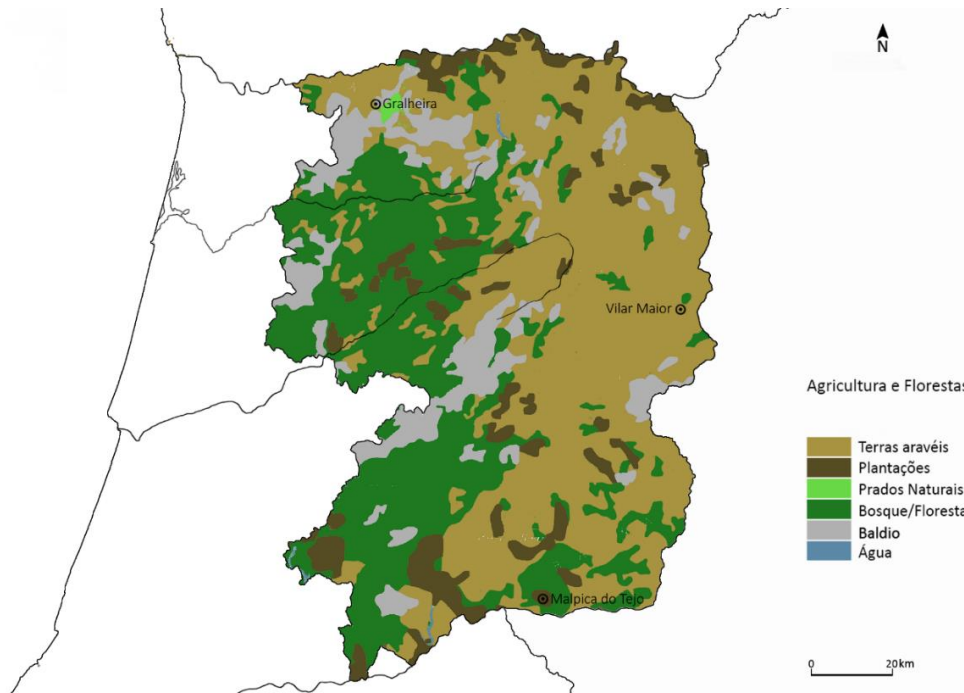
3.2.3. SOLOS

Na região avultam os terrenos graníticos e xistosos, aparecendo também zonas de conglomerados, e localizados afloramentos de quartzitos, rochas duras, quebradiças, mas resistentes à erosão, que dão origem a taludes cascalhentos que ultrapassam sempre os estreitos limites dos estratos, dispostos em longas faixas alinhadas entre as manchas de xisto. (RIBEIRO, 1987, p. 87)

A Beira Alta é essencialmente de natureza granítica, apesar de existirem algumas manchas de terrenos xistosos. O granito dominante é o de grão grosseiro a médio. Contudo ocorrem também algumas manchas de granitos de grão fino, que tende a revelar preferência quando no uso para a construção. (MARTINS, 1940, p. 252) Existem também na região algumas zonas de conglomerados de formação sedimentar como a zona baixa de Mortágua, correspondente a uma antiga bacia lacustre, hoje preenchida com sedimentos constituídos por um arenito argiloso. (GIRÃO, 1933, p. 88) A depressão de Nave de Haver, perto de Vilar Maior, a sudeste da região perto da fronteira, constitui um outro depósito sedimentar, de materiais arcózios, de cimento argiloso. Este fenómeno contribuiu para a proliferação das barreiras, que conseqüentemente permitiram o desenvolvimento de olarias e da indústria da telha. Desta forma, apesar das referências às comuns coberturas de colmo, a transição para coberturas de telha presume-se mais precoce nos povoamentos junto destas zonas.¹

A Beira Baixa, encontra-se a sul da serra da Lousã e da Estrela estendendo-se até ao rio Tejo, uma zona pertencente ao Maciço Antigo, onde predominam xistos argilosos de formação antiga, paleozoica e ante paleozoica. (RIBEIRO, 1949, p. 1;6) Inserida neste, encontra-se a norte de Castelo Branco, uma vasta área de terrenos graníticos, que devido à sua composição, influenciou as tipologias da Arquitetura, nomeadamente as de carácter defensivo. A sudeste, na região que inclui Malpica do Tejo, encontra-se uma zona de conglomerados divididos em dois grupos, a Formação de Cabeço do Infante e a Formação Silveirinha de Figs. A primeira constituída por sedimentos de arenitos grosseiros e a segunda mais arenosa.

¹ Registos presentes nas memórias paroquiais, e publicações de Leite Vasconcelos e Orlando Ribeiro



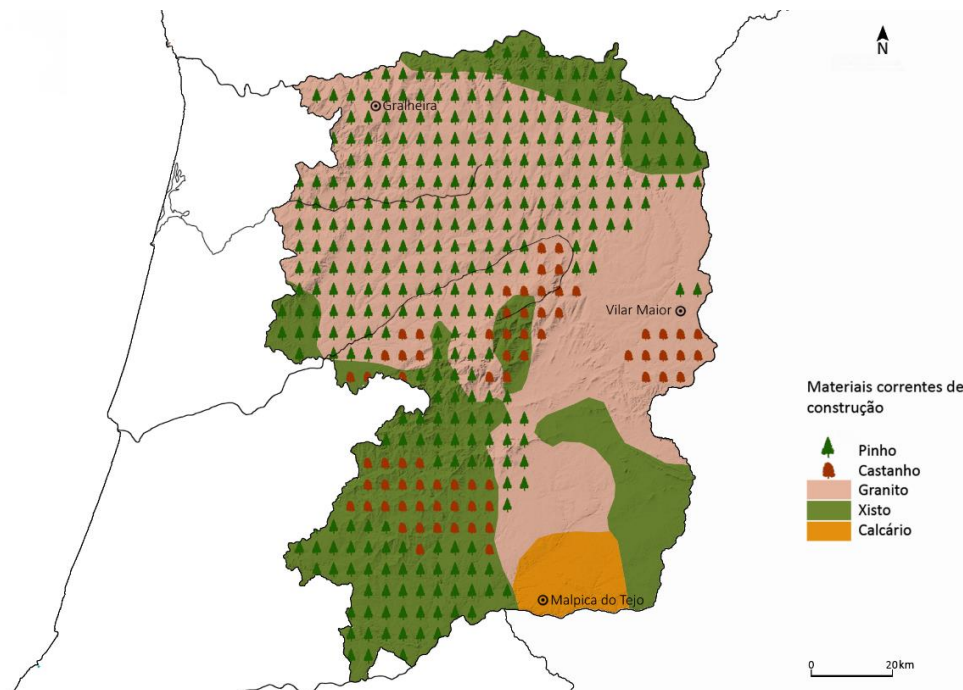
16. Carta Agrícola e Florestal da região, 1958

3.2.4. COBERTURA VEGETAL

De todos os aspetos da paisagem da região analisada, a cobertura vegetal foi a que mais alterações sofreu ao longo da ocupação humana. Uma das mais acentuadas dá-se a partir da Idade Média, com o aumento da atividade agrícola. Em detrimento do carvalho, cresce em número, a oliveira e o pinheiro bravo. (DAVEAU, 1988, p. 108;113) Este surge em abundante número na zona ocidental da Beira Alta; encontrando-se igualmente disperso, em pequenas manchas por todo o território, e em maior número no vale do Mondego, o pinheiro manso. (BASTO & BARROS, 1943, p. 220) Assistindo-se nas últimas décadas, à substituição destes pelo eucalipto.

Também algumas espécies de carvalhos fazem parte da cobertura vegetal, destacando-se a presença do carvalho negral, predominante no distrito da Guarda, do carvalho roble ou alvarinho, no distrito de Viseu, e do carvalho cerquinho em algumas zonas de Castelo Branco. (BASTO & BARROS, 1943, p. 220) A madeira destes constituía maioritariamente uma ótima matéria prima para barris de vinho e lenha para o lume, porque dura mais tempo. Estes, que na região abundaram em épocas passadas, encontram-se hoje em reduzido número, deixando vinculada a sua presença nos nomes de várias povoações. (AMARAL et al., 2004, p. 219)

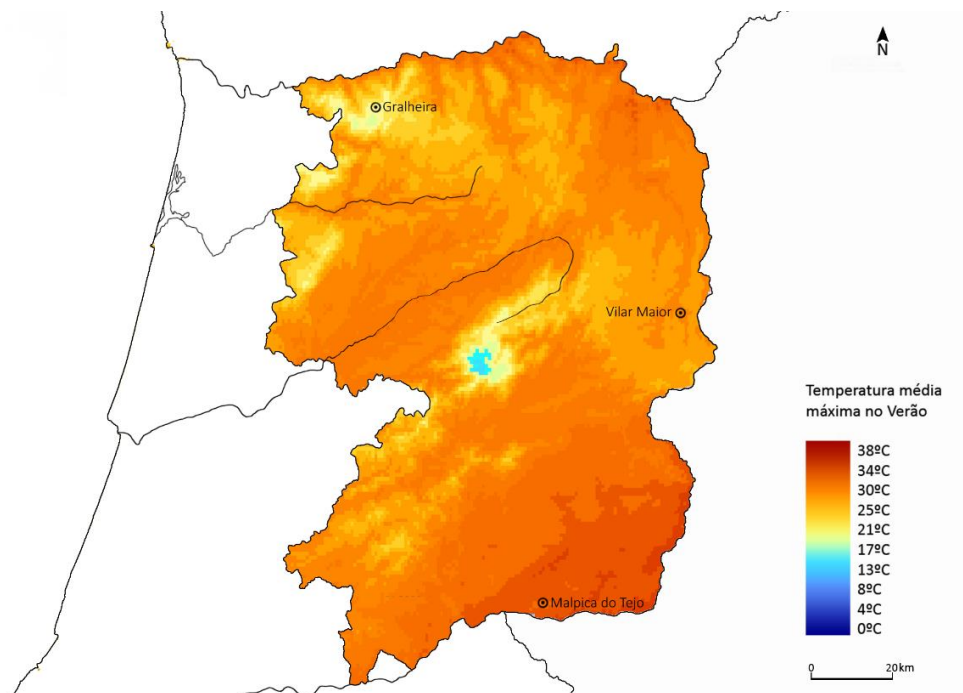
Os bosques e florestas têm uma presença marcante na paisagem beirã, mesmo nos solos pobres dos planaltos da Beira Interior, ainda hoje se encontram frequentes e esparsas manchas de pinhais. De facto, a posse de árvores foi noutros tempos de crucial importância, uma vez que destas provinha a matéria para o fabrico de alfaias, materiais de construção e madeira para o lume, a única fonte de aquecimento que era possível armazenar. Para a construção, podemos afirmar que a escolha da madeira era um fator importante a ter em conta. Raros são os casos em que o carvalho é usado, na Beira Alta o pinho é o material amplamente mais aplicado, uma vez que é mais fácil de trabalhar que o carvalho, enquanto que na Beira Interior e a ocidente da Beira Baixa a madeira de castanheiro é a preferida. Esta árvore, que em tempos surgia em abundantes sotos e que produzia até ao fim do século XVIII um significativo constituinte da alimentação beirã, hoje rareia, devido em grande parte a uma doença que atacou esta espécie no século XX.



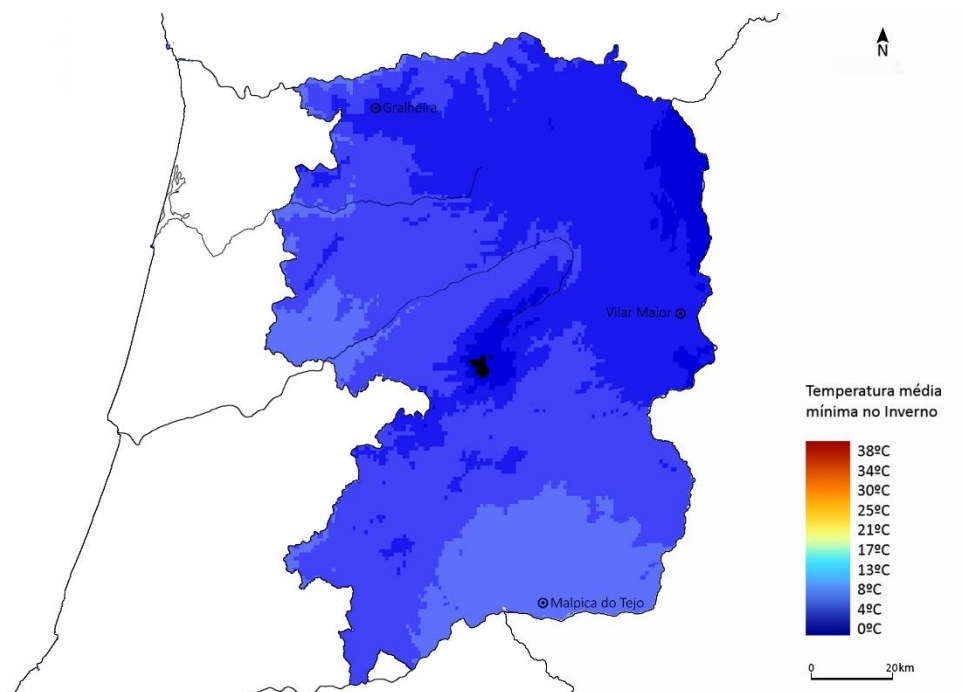
17. Materiais correntes de construção

A oliveira é comum no distrito de Viseu, no vale do Mondego, regiões próximas do vale do Douro e abundante a sudeste do distrito de Castelo Branco. (BASTO & BARROS, 1943, p. 220) Na bacia do Mondego e Vouga encontram-se frequentemente árvores de fruto, nomeadamente laranjeiras, pereiras, macieiras, nespereiras, ameixeiras e pessegueiros que variam consoante as condições locais, qualidade do terreno, temperatura e humidade. (MARTINS, 1940, p. 104;105) Ao longo das margens dos cursos de água é comum encontrarem-se salgueiros, que nas zonas montanhosas contrastam com as encostas graníticas ou xistosas das serras, que aparecem nuas ou fracamente revestidas, limitando-se a uma vegetação arbustiva como a urze, o tojo e a giesta. (MARTINS, 1940, p. 105) A norte no distrito da Guarda, em terrenos xistosos, abunda a vinha, a oliveira, a figueira e a amendoeira. Nos terrenos graníticos domina a produção de cereais próprios de solos pobres, como o centeio, cujo grão era utilizado para o fabrico de pão e a palha para os animais. (GIRÃO, 1933, p. 94)

Na Beira Baixa, um vasto manto de pinheiro bravo cobre a zona ocidental, denominada por Pinhal Interior Sul, que começa também a ser substituída pelo eucalipto. Também aqui os abundantes carvalhos, castanheiros, azinheiras e pinheiros mansos, que em tempos dominavam a paisagem da Beira Baixa, encontram-se hoje em reduzido número, também devido às circunstâncias atrás referidas.



18. Temperaturas médias máximas da região



19. Temperaturas médias mínimas da região

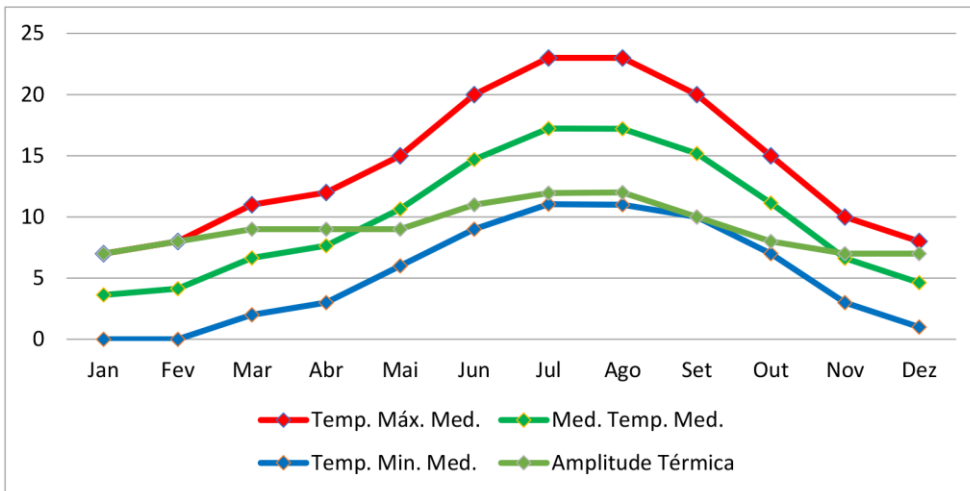
3.3. O CLIMA

Situada entre os 39° 50' e 41° 20' de latitude norte, a região revela diferentes influências climáticas. A Beira Alta, que abrange as povoações da Gralheira e Vilar Maior, insere-se, segundo a classificação de Köppen, num clima temperado com verões secos e suaves. A Beira Baixa, onde se situa Malpica do Tejo, insere-se num clima temperado de verões quentes e secos. Fatores como a continentalidade também provocam uma significativa influência mais localizada no clima. Com o afastamento do mar as amplitudes térmicas tendem a aumentar e a humidade relativa a diminuir. Com a altitude as temperaturas tendem a ser mais baixas e, por vezes, nos vales geram-se microclimas distintos, onde se registam temperaturas mais elevadas, de forma que o relevo também influencia indubitavelmente o clima.

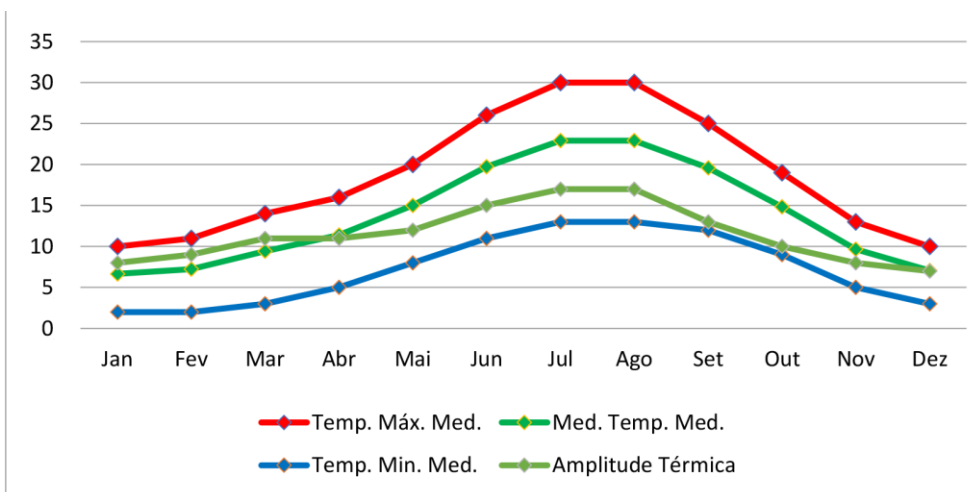
A acrescentar a estas características gerais que tornam o clima consideravelmente diversificado nos diferentes contextos territoriais, é a síntese dos fatores climáticos: temperatura, precipitação, insolação, ventos, e a variação dos mesmos ao longo do ano.

3.3.1. TEMPERATURAS

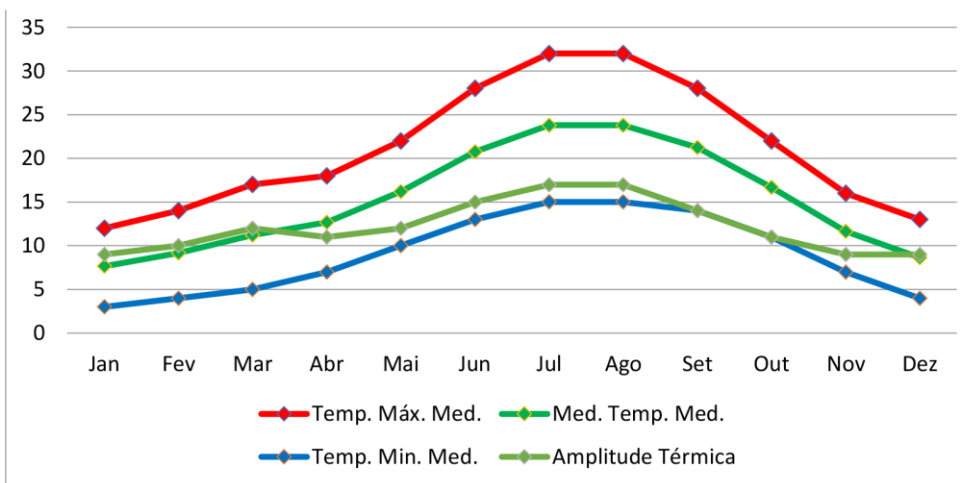
A temperatura do ar, como um dos fatores mais determinantes na definição do ambiente climático, apresenta na região valores de climas temperados, rondando as médias anuais de 14°C, que variam com a latitude, longitude e altitude. Na parte ocidental da Beira Alta, uma zona que se encontra aberta às indiretas massas de ar marítimo, possui ainda algumas características de clima atlântico, apesar de se encontrar a uma distância razoável do mar. (RIBEIRO, 1995, p. 321) Aqui as amplitudes térmicas são menores, e a temperatura do ar é mais estável, o que facilita a climatização interna e o desenvolvimento da agricultura. A Beira Transmontana, especialmente a zona planáltica, demonstra influências climatéricas de continentalidade, com zonas na proximidade do Vale do Douro que registam verões quentes e secos. Na zona da Serra da Estrela, devido à elevada altitude, as temperaturas registadas são as mais baixas da região, tanto no inverno como no verão. É ocasional aqui a formação de neve, embora



20. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Gralheira



21. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Vilar Maior



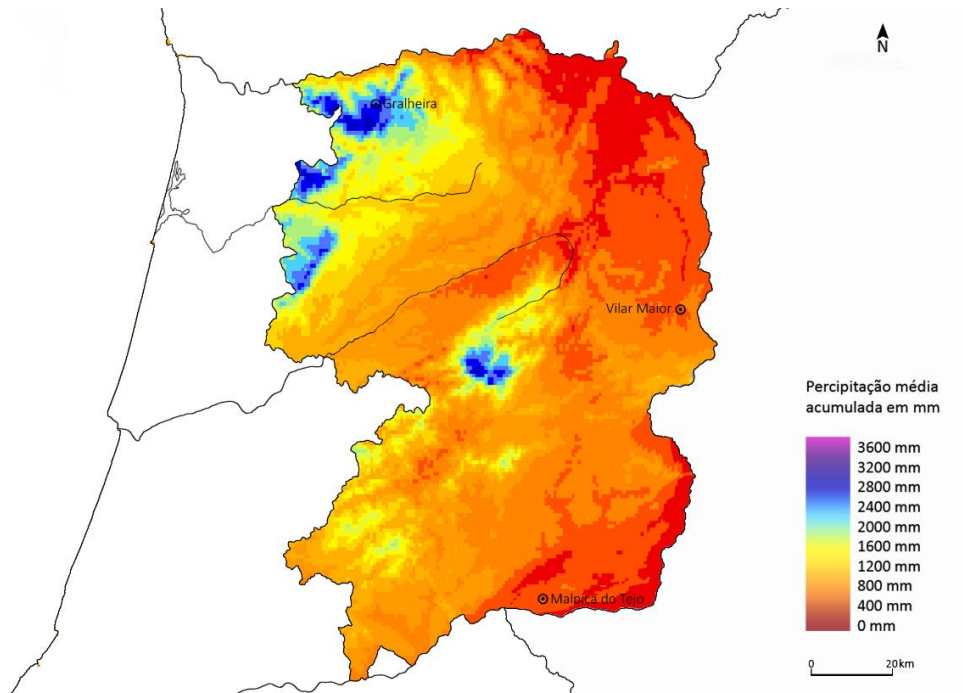
22. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Malpica

hoje as temperaturas sejam presumivelmente mais elevadas que em tempos, “...*porque a mór parte do anno, eftão feus cumes cubertos de neve...*”. (BRITO, 1597, p. 5) Este fenómeno, em conjunto com outros fatores adversos, reflete-se no reduzido número de habitações vernaculares que aqui se encontram. De facto, grande parte das construções presume-se terem sido usadas no sistema de transumância, por pastores que nelas pernoitavam quando seria oportuno aproveitar as pastagens de elevada altitude. A Beira Baixa apresenta uma certa dualidade; a sudeste com temperaturas e amplitudes térmicas mais elevadas enquanto que a este a influência do maciço arbóreo, dos ventos marítimos e da orografia funcionam como reguladores de temperatura, pelo que as temperaturas registadas são mais amenas e de menor variação anual.

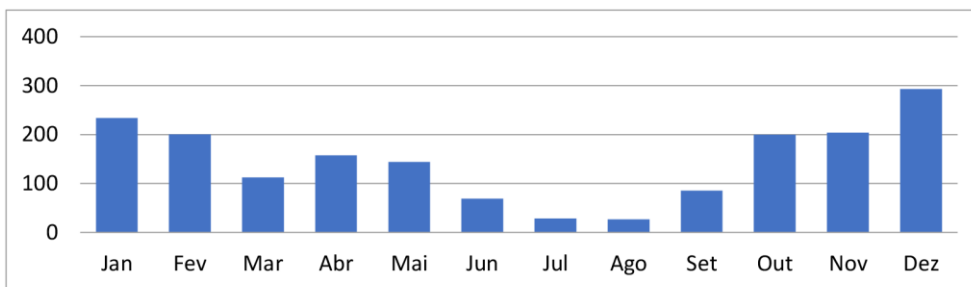
Em concreto, nos casos de estudo, a Gralheira, devido à elevada altitude e latitude norte, é a que apresenta temperaturas menores, que roçam regularmente os graus negativos durante o inverno, sendo os meses de janeiro e fevereiro os mais frios. No verão as temperaturas registadas também não são muito elevadas, com uma máxima média de 23°C nos meses mais quentes de julho e agosto, revela-se o frio um fator mais exigente que o calor. Aqui eram comuns as invernias precoces e rigorosas, que noutras épocas já se faziam sentir em outubro, sendo frequentes nevões que deixavam o povoamento isolado durante semanas. (AMARAL et al., 2004, p. 241)

Em Vilar Maior, as temperaturas médias apresentam-se mais elevadas. Com mínimos de 2°C nos meses de janeiro e fevereiro e máximas de 30°C nos meses de julho e agosto, tanto o frio como o calor têm uma relevância mais equitativa em termos de exigências. Adicionalmente devido à localização, as amplitudes térmicas são mais elevadas, entre os 7°C e os 17°C.

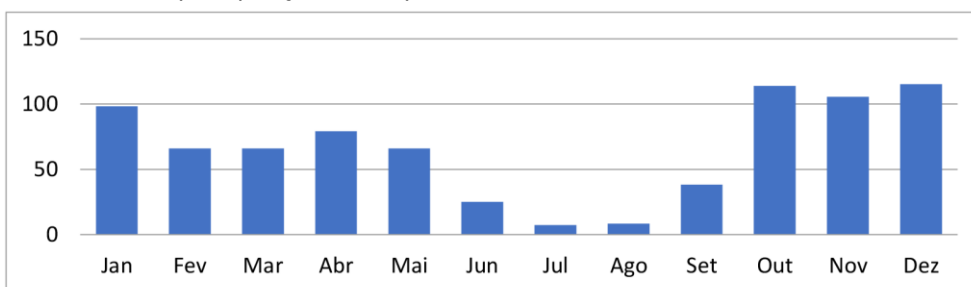
Malpica, numa localização no extremo sul da região, apresenta as temperaturas médias mais elevadas, com mínimos de 4°C em dezembro, janeiro e fevereiro e máximos de 32°C nos meses de julho e agosto. Aqui, ganha especial vulto o calor, como fator a ter em conta, que em adição ao afastamento do mar e ao elevado nível de aridez, provoca também grandes oscilações na temperatura. Contudo, as amplitudes térmicas, entre os 9°C e os 17°C, podem aqui constituir uma vantagem no arrefecimento ao tirar partido das baixas de temperaturas.



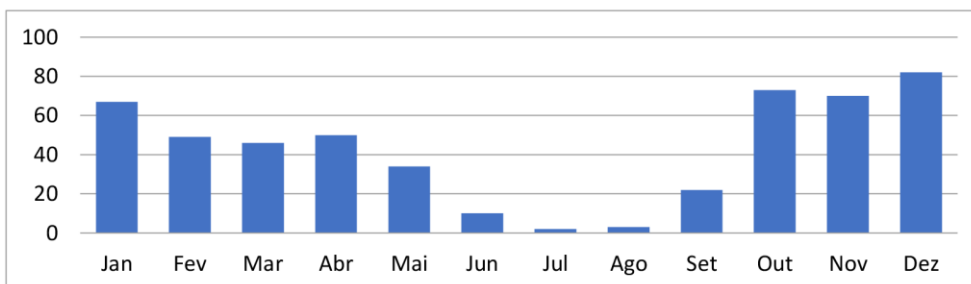
23. Precipitação média acumulada para a região



24. Gráfico de precipitação anual por mês, Gralheira



25. Gráfico de precipitação anual por mês, Vilar Maior



26. Gráfico de precipitação anual por mês, Malpica

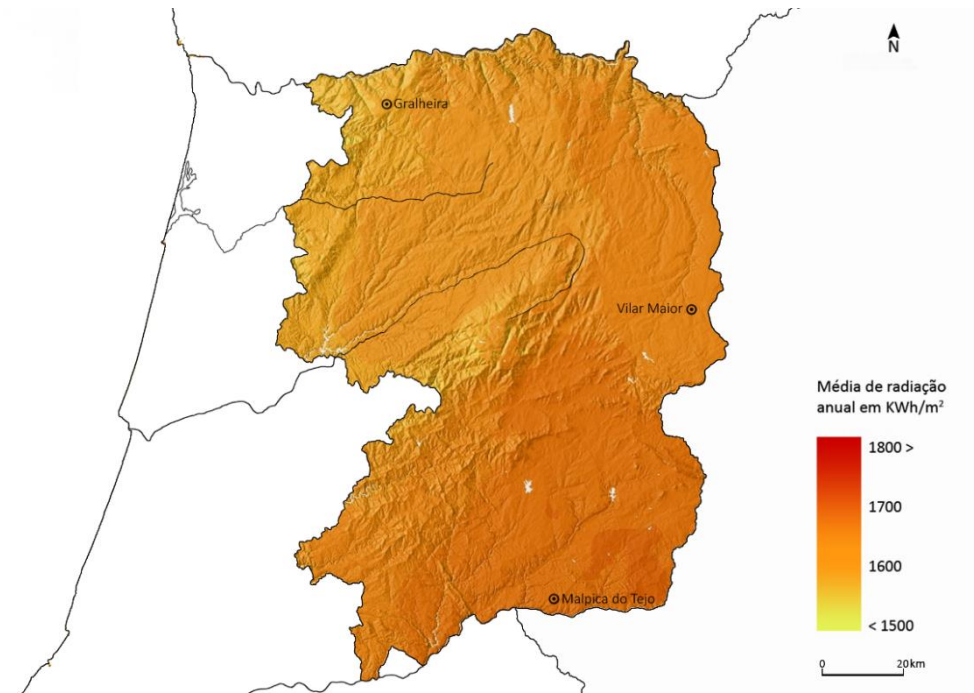
3.3.2. PRECIPITAÇÃO

A precipitação influencia também a paisagem da região, desde as zonas verdejantes do Vouga e Mondego às áridas planícies do *Campo*, na Beira Baixa, e planaltos do nordeste da Beira Alta. As chuvas são por norma mais abundantes e intensas no inverno, escassas e de pouca intensidade no verão. O distrito de Viseu regista maiores índices de chuva, com uma média de 1170 mm, é o distrito onde se pratica de forma mais ampla a cultura de regadio. No distrito da Guarda, apesar de se registar uma média anual de 882 mm, grande parte das chuvas concentram-se na zona de maior altitude da Serra da Estrela, onde ocorrem grandes centros de condensação e retenção oceânica, que chegam a atingir os 3000 mm anuais. O distrito de Castelo Branco é o que apresenta menor média anual, de apenas 758 mm, concentrando-se a chuva maioritariamente na zona ocidental. A precipitação que se faz sentir é também um fator de significativa influência nos povoados; refletindo-se diretamente na distribuição da densidade populacional e no tipo de culturas praticadas. Adicionalmente é também de salientar a relação entre a precipitação e a habitação vernacular, pois nas zonas mais áridas escasseiam ou desaparecem por completo as varandas e as escadas exteriores das casas, tanto na zona de Malpartida, a nordeste do distrito da Guarda, como na zona de Malpica a sudeste de Castelo Branco.

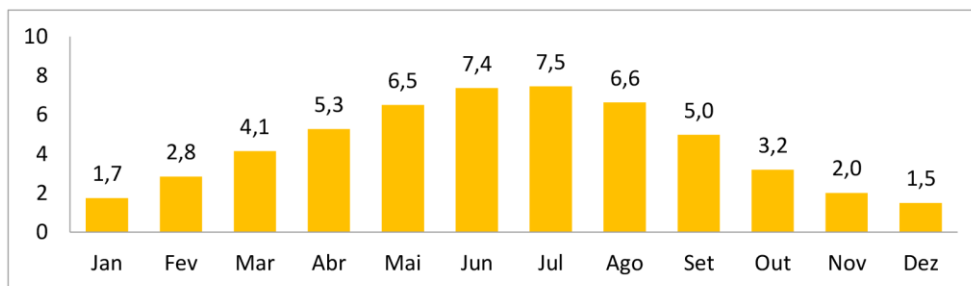
Dos casos de estudo, a Gralheira apresenta de longe os índices de precipitação mais elevados. Apesar da média anual de 1754 mm, o frio extremo e a elevada altitude tornam difícil a permanência da vegetação e da prática da agricultura neste povoado.

Em Vilar Maior, devido à sua localização interior e à retenção das chuvas registadas na Serra da Estrela, a precipitação é menor, sendo a média acumulada anual de apenas 790 mm. Aqui as neves são muito menos frequentes, formando-se por vezes geadas que cobrem o solo com uma fina camada de gelo.

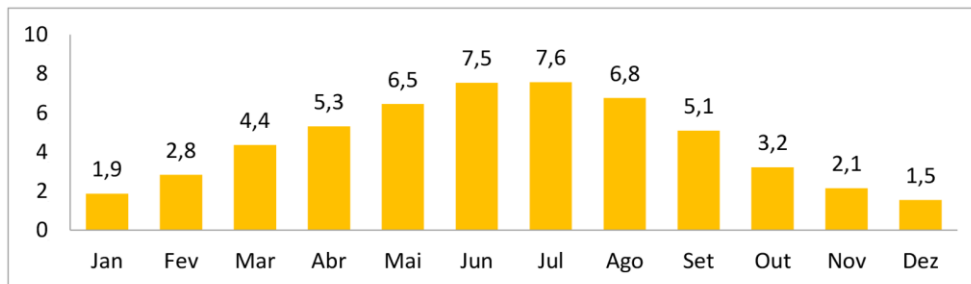
Malpica, é o caso que apresenta maiores níveis de aridez devido aos menores valores de precipitação anual. Com uma média acumulada de apenas 508 mm, chega por vezes a atingir maiores níveis de evaporação do que de precipitação anual, o que se reflete na baixa humidade relativa do ar que aqui se regista e numa maior dificuldade de climatização interior.



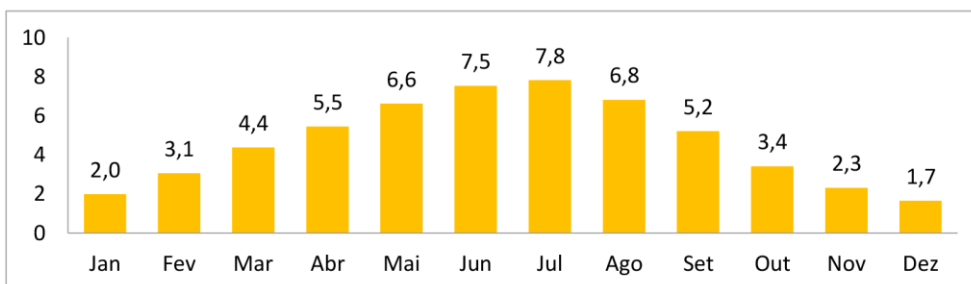
27. Isolação Global Horizontal Anual para a região



28. Gráfico de Insolação anual por mês, Gralheira



29. Gráfico de Insolação anual por mês, Vilar Maior



30. Gráfico de Insolação anual por mês, Malpica

3.3.3. INSOLAÇÃO

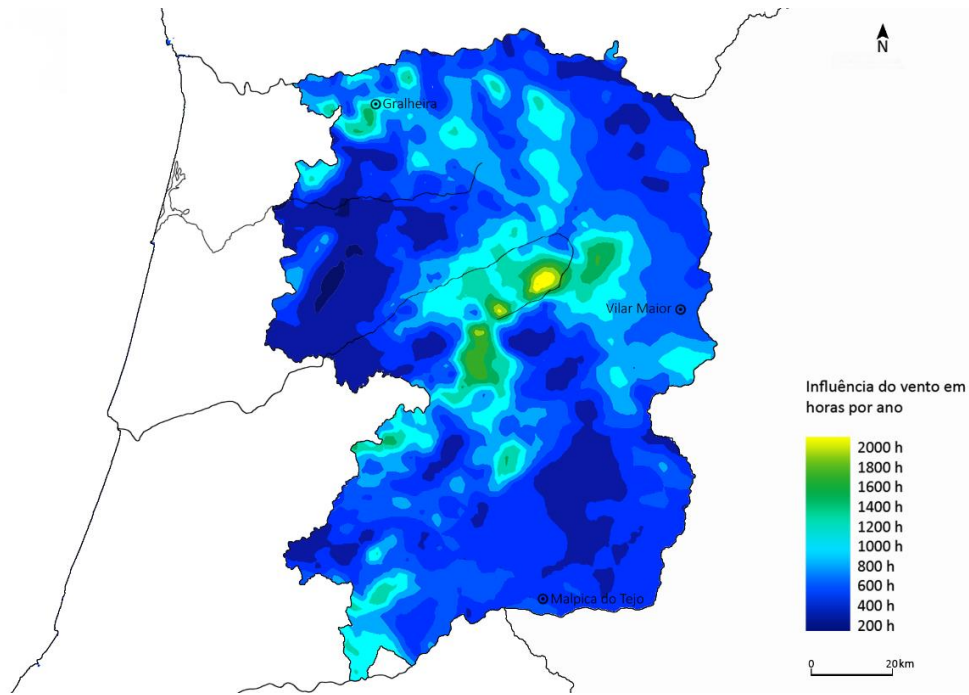
No que à insolação diz respeito, todo o território português apresenta valores médios superiores aos da Europa, sendo a energia média incidente em três metros quadrados, o suficiente para satisfazer as necessidades totais de cada português.² Contudo é necessário ter em conta que o número total de horas de sol, e conseqüentemente a quantidade de energia recebida, varia consoante a latitude e o relevo. Na região esta é menor a noroeste e maior a sudeste. Ao longo do ano, os valores de insolação também variam entre uma média mínima de 110 horas mensais em dezembro, e uma máxima de 300 horas mensais em junho. Devido à inacessibilidade do vidro, a insolação é um fator que pouco se reflete na arquitetura vernacular, apenas nas cidades e zonas de proliferação económica é usado o vidro em janelas ou para enclausurar varandas. Nos restantes exemplos, este fenómeno apenas se reflete na comum presença de bancos, geralmente junto à entrada das habitações, onde as pessoas aproveitavam os raios de Sol.

Dos casos de estudo, a Gralheira é a que apresenta menores valores de insolação, com um total médio anual de 1630 Kwh/m². Devido à sua localização do lado norte da serra de Montemuro e às baixas temperaturas que se fazem sentir, é também o caso onde o aproveitamento solar é mais importante.

Em Vilar Maior os valores médios são mais elevados, tendo um aproveitamento dominante dos quadrantes entre este e sudeste, recebe um total anual de 1663 Kwh/m². Devido à sua localização no interior do território e à baixa precipitação, a insolação é um fator de grande influência nas oscilações diárias da temperatura.

O mesmo acontece em Malpica do Tejo, sendo adicionalmente a que recebe maiores níveis de radiação solar, num total médio anual de 1711 Kwh/m², equiparável aos níveis que se registam no norte do Alentejo. Desta forma, o aproveitamento solar é aqui menos necessário, constituindo esta energia nas épocas quentes, uma dificuldade na dissipação do calor.

² Segundo o consumo per capita de Portugal em 2015 e a energia solar média recebida por m² anualmente.



31. Mapa da influência do vento na região

3.3.4. VENTOS

Os ventos, resultantes da movimentação das massas de ar, influenciam a temperatura e de forma mais aguda a percepção individual da mesma, substituindo constantemente o ar envolvente dos corpos, acelera as perdas térmicas por radiação. Esta constitui uma vantagem nas épocas de calor e uma desvantagem nas épocas de frio. A presença dos ventos tende a ser maior com a altitude, constituindo hoje uma vantagem na região, pelo amplo aproveitamento eólico que se observa. Nas zonas montanhosas, em conjunto com a incidência solar nas encostas, o ar quente sobe durante o dia, enquanto que durante a noite sucede o contrário, descendo o ar frio e mais pesado pela encosta. Este fenómeno traz alguma luz à escolha do estabelecimento dos povoadamentos na região. Estes encontram-se preferencialmente ao longo das encostas soalheiras e protegidas, uma vez que no fundo dos vales, além do potencial de inundação, são as zonas mais frias durante a noite, e nos topos estes estariam mais expostos aos ventos. A presença dos ventos tem também influência no dimensionamento dos vãos, orientação dos edifícios e organização dos povoadamentos. Na zona da Serra da Estrela, por exemplo, as aberturas são escassas e diminutas, sendo, porém, comum o uso de varandas que permitem a secagem de lenha ou roupa, aproveitando os ventos sem a exposição à chuva e neve.

Na Gralheira, os ventos são um fator a ter em consideração, pois devido às elevadas altitudes, estes encontram poucas barreiras naturais, constituindo uma desvantagem. Dos casos de estudo, é o que maior exposição aos ventos tem, sendo estes predominantemente oriundos das direções oeste e este-nordeste.

Em Vilar Maior, apesar de o castelo se encontrar no topo de um monte, a povoação desenvolveu-se apenas na encosta a sudoeste, protegida dos ventos dominantes que são também os mais frios. Oriundos da Serra da Estrela, sopram entre os quadrantes norte e norte-nordeste, sendo também frequentes os ventos oriundos dos planaltos da *Meseta Ibérica*, a sul.

Em Malpica os ventos têm um enorme potencial como reguladores da temperatura, constituindo uma vantagem no verão, pois sopram predominantemente do norte, que são os ventos mais frios, e de oeste, que são os mais húmidos.



32. Gralheira, 1950



33. Serra de Montemuro, 1960

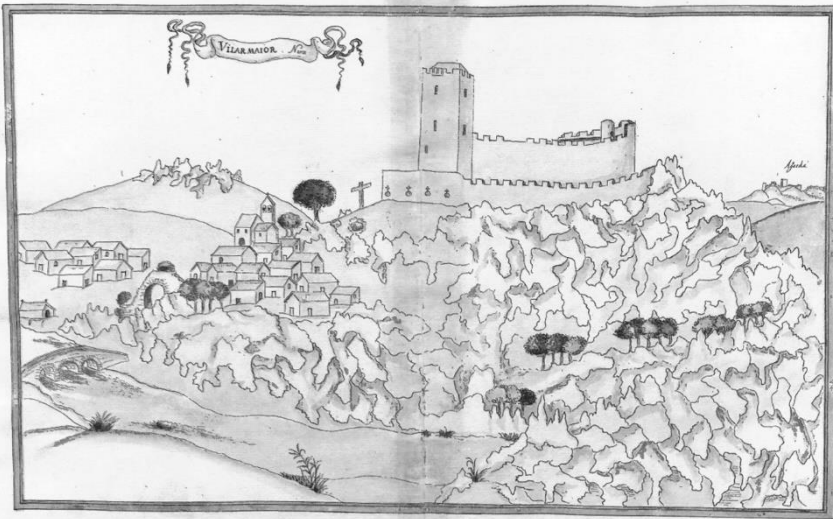
3.4. POVOAMENTOS E USO DOS SOLOS

Para entender o ambiente construído no âmbito vernacular é necessário ir além das condicionantes ambientais. Embora estes tenham uma significativa influência na arquitetura, é preciso ter em conta os aspetos históricos, económicos, sociais e culturais das pessoas que a ocupam, assim como as suas preocupações, valores cognitivos, preferências, relações sociais e comunitárias, e forma de interpretação dos desafios que encontram. A forma dos povoamentos e de como os solos são usados refletem esses mesmos aspetos e as transformações que sofreram ao longo da história.

3.4.1. INFLUÊNCIAS HISTÓRICAS

Tanto a Beira Alta como a Beira Baixa revelam evidências de ocupação humana milenária, desde as pinturas rupestres do Côa e dispersos dólmens, aos castros dos Lusitanos, que viviam nos primeiros povoamentos organizados de que há vestígios na região. Estes ocupavam preferencialmente lugares altos, pedregosos e de difícil acesso, por questões de segurança. As habitações eram de forma circular, em pedra solta e cobertura de colmo, com uma divisão apenas, onde se comia, dormia e convivia em torno de uma perpétua lareira. Esta forma de habitar teve uma grande influência na habitação. Na verdade, até ao início do século XX, existiam em Portugal, em algumas das montanhas mais isoladas, como Montemuro, casas não muito diferentes da primitiva habitação castreja, apenas de redondas passaram a retangulares. (RIBEIRO, 1991, p. 27) De facto, no século XVI Bernardo Brito descreve Montemuro como uma zona que *“toma grande distancia de terra, & seus altos são asperíffimos, habitafe algũa parte delle, com trabalho dos moradores, porque a terra dá muy pouca ceuada, & quasi nenhum trigo, & o mais que tem he centeo, de que viuem miseravelmente.”* (BRITO, 1597, p. 7)

A passagem dos romanos na região e a introdução de uma nova organização social, novos hábitos e técnicas de construção, como o emprego da telha em coberturas, certas maneiras de aparelhar e dispor as pedras em paredes e, possivelmente, a organização espacial dos pátios, vieram mudar as feições da habitação e os modos de vida. (AMARAL et al., 2004, p. 226)



34. Castelo de Vilar Maior, Duarte d'Armas, 1510



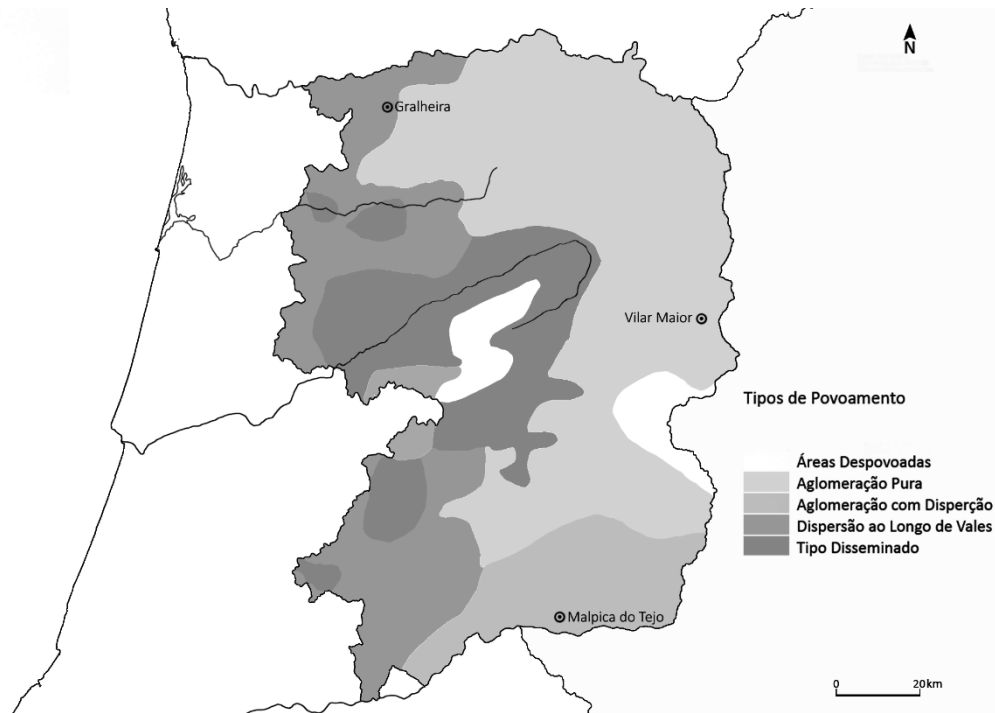
35. Castelo de Vilar Maior, 2012

Os arruamentos pavimentados com grandes pedras e as pontes que construíram permaneceram em uso durante vários séculos, e um considerável número de exemplares continuam ainda a ser usados. Em Vilar Maior encontramos um deles, uma ponte do período romano que fazia parte de uma estrada que passava pela povoação, a *via imperial*, que ligaria a *Egitânia* (Idanha-a-Velha) a *Salmántica* (Salamanca).

Da ocupação árabe, as influências foram muito inferiores às das regiões mais a sul do país. O granito e o xisto prestavam-se mal ao género de construção que os Árabes preferiam, como emprego das alvenarias, dos barros, dos rebocos e da cal. A sua presença ficou mais marcada na lavoura, com a introdução de novos métodos e culturas na região. (CER, 1868, p. 9)

Com a reconquista, que pouco a pouco expulsou os Muçulmanos da península, e com a formação do reino, novos marcos de grande importância modificaram a forma dos povoamentos. Devido à instabilidade política que se fazia sentir na época resultou uma importante rede de castelos e de templos cristãos que polarizaram, de certa forma, uma organização territorial com o propósito de consolidar o reino. Vilar Maior integra-se numa dessas zonas, a de Riba Côa, que integra também os castelos de Castelo Melhor, Castelo Rodrigo, Almeida, Castelo Bom, Alfaiates e Sabugal. Esta foi durante séculos palco de vários encontros de natureza bélica que tinham como fim definir para que lado da fronteira se encaminhariam os impostos. É desta época, séculos XII e XIII, que datam muitos dos forais concedidos na zona da *raia*, próxima da fronteira, e que se regista a fixação das populações em núcleos existentes, e recém-formados. A Vilar Maior, uma das povoações com preexistência da altura do domínio leonês, foi-lhe concedido o foral Português por D. Dinis em 1296. (NUNES, 1998, p. 75)

Estes foram tempos conturbados na história beirã, pois os amplos territórios doados às ordens militares, aos mosteiros e particulares, revelavam escassez de habitantes. Enquanto no Minho, as *granjas e casaes* ganhavam em densidade, na Beira, locais onde a guerra se prolongava, apenas estreitas cintas verdes e cultivadas rodeavam as vilas acasteladas recém-criadas ou restauradas, que surgiam como *oásis* no meio de desertos abandonados. “*Algumas vezes na vizinhança dos logares fortes, viam-se as famílias a fugirem dos casaes abrasados para o recinto dos castellos*”. (CER, 1868, p. 30)



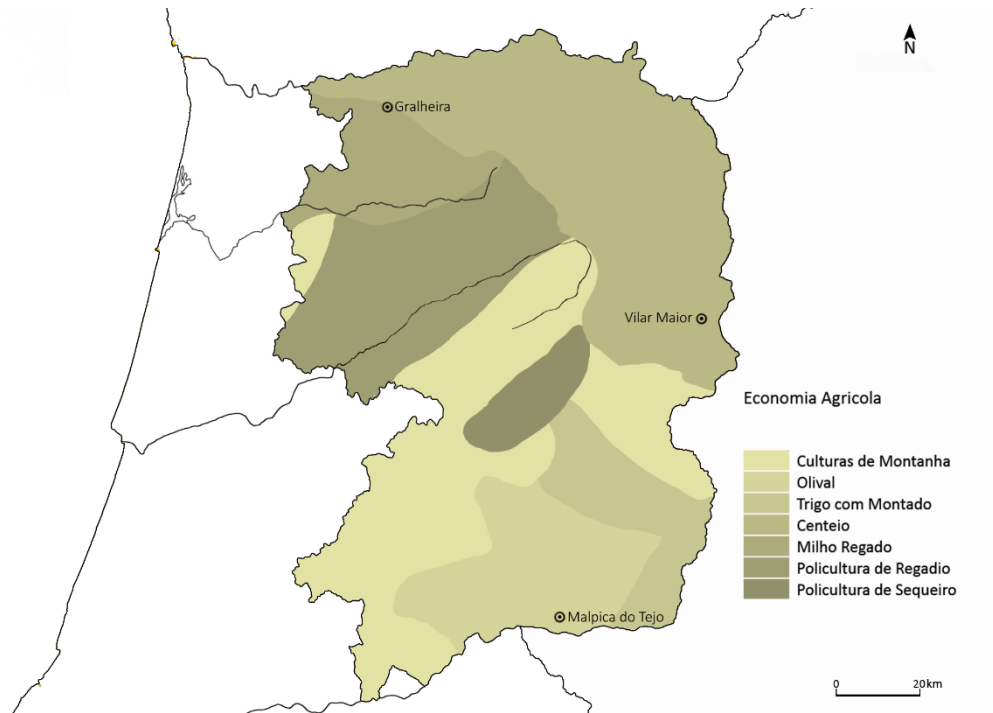
36. Tipos de povoamento da região

De certa forma, e em particular na zona da *raia*, predominam os povoamentos muralhados, castelos e fortalezas, que determinaram, também, o desenvolvimento das povoações. Vestígios disso, podem ser observados pelo carácter de aglomeração pura e presença de um grande número de aldeias históricas na região próxima da fronteira.

O reino era essencialmente agrícola, como o fora antes e continuou a sê-lo por muitos séculos, e a lavoura constituía a ocupação principal de quem o habitava. Na região o cenário era o mesmo, a maioria dos habitantes ocupava-se da exploração da terra sob a forma de agricultura ou pastoreio. (RIBEIRO, 1991, p. 303)

Contudo, as feições do ambiente rural sofreram alterações no século XIV, um período de crise económica, agravado pela pandemia da peste bubónica que assolou toda a Europa. Houve um agravamento das rendas pedidas pelos donos das terras e um decréscimo do gado para a lavoura. Este fenómeno foi particularmente intenso na região, pela desertificação do interior e migração da população do meio rural para os centros urbanos, onde, devido à peste negra, a já elevada mortalidade era mais intensa. (CER, 1868, p. 113) Para assegurar o repovoamento do interior e a produção agrícola, foi adotada a lei das sesmarias, que veio expropriar os terrenos que não eram tratados e os entregava a quem os quisesse tratar. Este fenómeno moldou, em certa medida, a estrutura dos povoados na região. A redução do número de baldios e terrenos devolutos, agora tratados por quem procurava novas oportunidades, provocou um aumento da disseminação da construção onde as terras eram mais férteis.

Posteriormente, nos séculos XV e XVI, com as fronteiras do reino mais estáveis, aumenta a segurança rural, alterando o papel das fortificações que perderam gradualmente o seu carácter predominantemente defensivo. Os povoamentos expandem-se além muralhas, que em conjunto com a introdução do sistema *Openfield*, de lavradas e de estrumação, permitiu encurtar ou suprimir o pousio, ganhando a produção intensidade e o agricultor maior liberdade comunitária. (RIBEIRO, 1991, p. 216) Surge também nesta época um crescente número de artesãos e comerciantes, que já não se restringiam aos grandes burgos, assim como o aparecimento de pavilhões para equipar as feiras e mercados periódicos. Isto veio fomentar o desenvolvimento de alguns povoamentos, principalmente os que se encontravam em pontos de confluência de rotas.



37. Economia Agrícola da região

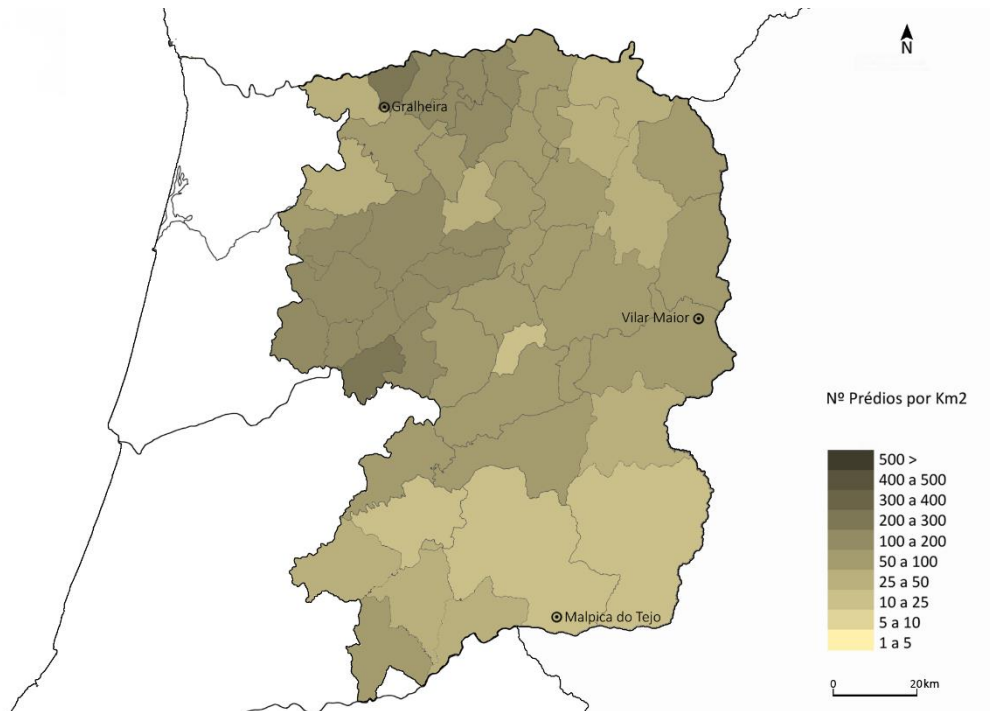
3.4.2. CULTURAS E PROPRIEDADE RUSTICA

Com os descobrimentos, no final do século XVI, são introduzidas novas culturas em Portugal. Contudo, estas passaram a fazer parte da produção agrícola para alimentação apenas no final do século XIX, substituindo a castanha, a bolota e o nabo. Este último, substituído pela batata, tinha um amplo consumo e era cultivado em porções de terra perto das habitações, cunhando o termo *nabais*. (RIBEIRO, 1991, p. 216)

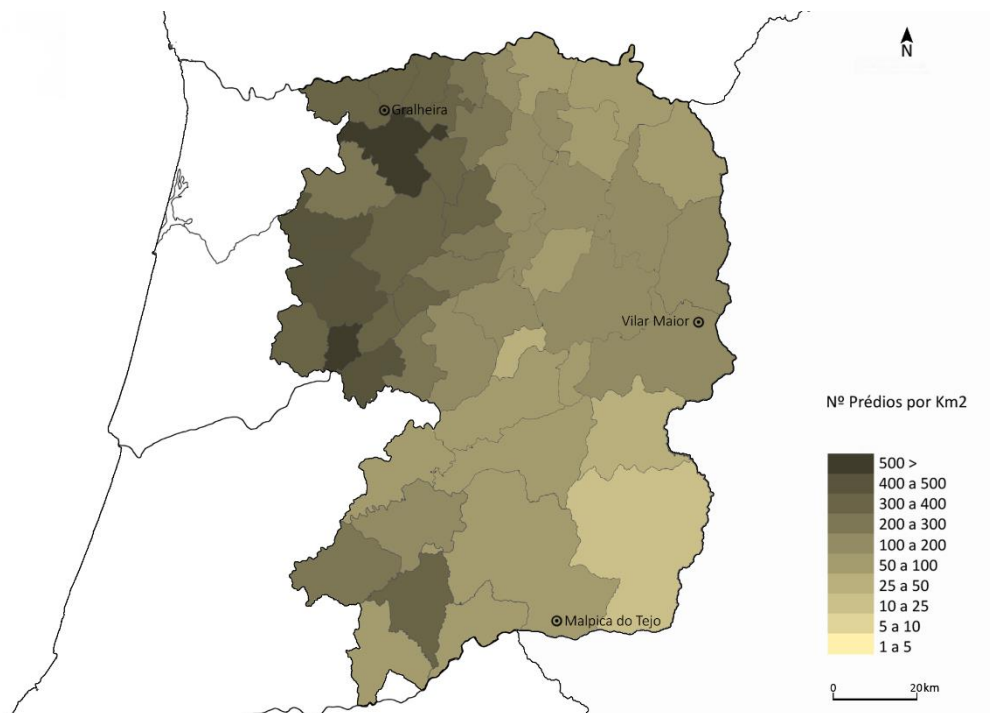
Com a perda da independência do reino, o Tejo ganha relevância como potencial acesso a grande parte de Castela, designadamente para Toledo e Madrid, o que representou um desenvolvimento de vulto para Malpica do Tejo. (SAAVEDRA, 1813, p. 89) *“Que cumulo de riquezas lhes não darião não só o azeite, mas as suas madeiras, e cortiça, que hum dia podem vir pelo Téjo de Malpica a Abrantes.”* (FORJAZ, 1816, p. 12)

Porém, a economia das povoações da região continuava a ser essencialmente agrícola, constituindo ainda hoje, em específico nos casos de estudo, a principal ocupação de uma grande parte da população que nelas vive. Esta, e o predomínio de certos cultivos, influenciaram inadvertidamente a forma da arquitetura e dos povoados, como é o caso dos espigueiros presentes na Gralheira, onde *“de centeio hé a maior colheita e trigo menos”*. (CAPELA, 2010, p. 237) Estes, predominantemente para o milho regado, abundam no Minho, indicando a proximidade e a semelhança do clima e culturas com esta região. (AMARAL et al., 2004, p. 295) Este tipo de cultura que requer cuidados regulares, coagindo ao estabelecimento das pessoas mais perto dos terrenos, em quintas, granjas ou povoações pequenas, criaram um padrão de dispersão, que não se observa no caso da Gralheira, que por estar a grande altitude impossibilita a prática desta cultura. Havia também nesta povoação *“muita criação de guados, bois, vacas, carneiros, ovelhas e mais guados miudos e também lobos em quantidade, muitos perdais, lebres e coelhos e alguns porcos bravos”*. (CAPELA, 2010, p. 237)

Na região a este, além da referida instabilidade, os povoamentos perto das fortificações, e o tipo de culturas, condicionaram o povoamento à aglomeração. Na zona da serra, era adotado o sistema de transumância, em que as pessoas abandonavam a habitação nos meses mais quentes e estabeleciam-se em abrigos para o pastoreio ou



38. Número de prédios rústicos por concelho em 1870



39. Número de prédios rústicos por concelho em 1950

tratar os terrenos distantes. Na Beira Baixa, os locais em que se explorava a azeitona, deixaram as suas marcas nos inúmeros lagares que até há poucos anos aqui existiam. A sul, devido ao clima e à topografia, existe uma separação entre habitação e lavoura, relacionada com o tipo de povoamento presente em Malpica.

Entre 1875 e 1950 assiste-se a uma nova mudança social. Nesta época o número de prédios por quilómetro quadrado variou bastante, embora em ritmo desigual nas diferentes regiões. Isso deveu-se maioritariamente à partilha por igual das heranças, imposta pelo código civil, que em conjunto com o aumento da densidade populacional, correspondeu ao aumento do número de prédios rústicos. Tal, aplicou-se não só às propriedades, que se encontram particularmente divididas nos terrenos mais férteis e extremamente cobiçados, mas também aos bens, árvores e construções. (GIRÃO, 1951, p. 5;25) *“Até as matas e extensos pinhais, que dão grandeza e unidade à paisagem, revelavam com um olhar mais atento, retalhamentos vinculados com marcos e valas mal perceptíveis a um leigo numa infinidade de donos, alguns dos quais com diversos fragmentos esparsos chegando a mesma árvore a ser dividida por diferentes donos”*. (AMARAL et al., 2004, p. 226)

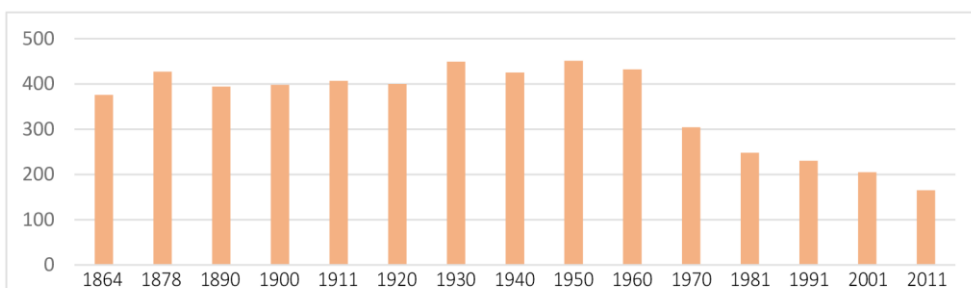
As habitações também não se revelaram incólumes, herdadas por múltiplas pessoas, eram por vezes divididas em espaços exíguos ou reaproveitadas secções das mesmas para outros usos, acentuando uma realidade rural que no início do século XX, foi marcada pela privação e racionamento dos bens disponíveis. No *Inquérito à habitação rural* chega mesmo a ser relatada a adaptação de uma antiga pocilga a casa de habitação, que *“à mudança do género dos habitantes não correspondeu qualquer outra que tendesse a torná-la mais confortável e higiénica; o pavimento continuou a ser de terra batida, as paredes não foram caiadas e além da porta de entrada, baixa demais para pessoas, nenhuma outra abertura se praticou; apenas houve o cuidado de durante algumas semanas não fechar a porta para conseguir a extinção dos maus cheiros”*. (BASTO & BARROS, 1943, p. 306) Exemplo que demonstra uma realidade, que exigiu grande adaptabilidade por parte da arquitetura e das pessoas. As casas de pedra que passavam a um só herdeiro e que materializavam, de geração para geração, uma ininterrupta continuidade na linhagem dos donos que nestas se estabeleciam, eram agora divididas. Tal acentuou-se mais na Beira Alta e Beira Baixa do que no Alentejo. Dos casos em estudo,

mostram Vilar Maior e Malpica os mais significativos sinais de repartição. Nesta última, apesar de se localizar mais a sul, onde este fenómeno se acentuou menos, a repartição deveu-se à compra coletiva das propriedades a grandes latifundiários e à posterior divisão equitativa das terras pelos camponeses.

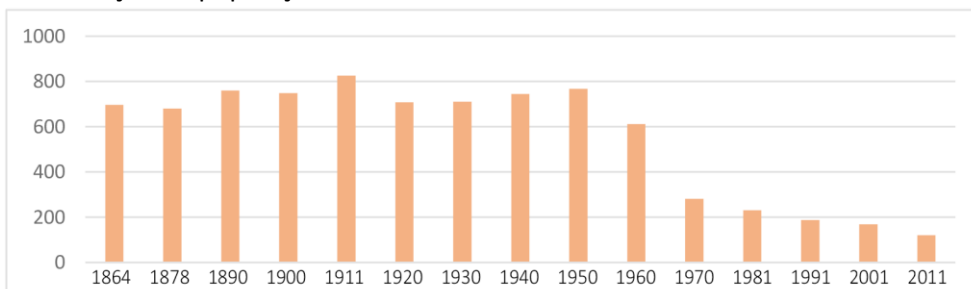
3.4.3. POVOAMENTOS E POPULAÇÃO

Os povoamentos diferem também consoante a orografia. Em Malpica, povoado quase de planície, espria-se com certa largueza e sem condicionamentos topográficos. Por outro lado, na Gralheira, um povoado de montanha, as casas perdem dimensão, fracionadas numa organização em pequenos espaços e um tanto ou quanto aleatória e labiríntica, dificultando por sinal, a persistência dos ventos nos arruamentos. Vilar Maior, de origens de cariz defensivo, revela um condicionamento de localização para o mesmo propósito, obrigando os construtores dos edifícios a uma complicada ginástica construtiva, o que resultou em casas amontoadas, ruas íngremes e tortuosas e quintais diminutos ou inexistentes. (AMARAL et al., 2004, p. 269) De facto, este tipo de povoados erguidos em terrenos com relevos acentuados, predominam na Beira Alta, enquanto que a sul da Beira Baixa, já são frequentes aqueles que se erguem em solos de menores declives e menos pedregosos.

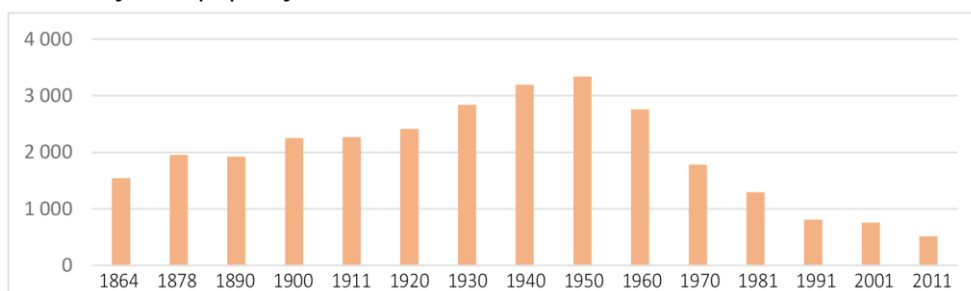
Comum também a grande parte dos povoamentos é o papel das igrejas, e o modo como se impõem no conjunto urbano. De facto, raros são os que não possuam igrejas, as quais exercem uma função estruturadora, equiparável aos castelos, nas feições dos povoamentos. Relacionados estão os valores duma hierarquia social e a preponderância do clero durante séculos na estrutura administradora do reino. Estas têm frequentemente condição de núcleos, ou elementos aglutinadores, concentrando-se as casas em torno das mesmas. Era geralmente adjacente a estas que se reuniam os habitantes para diversas atividades, em largos ou adros que muitas vezes não passavam de simples alargamentos de ruas. (AMARAL et al., 2004, p. 238) Dos existentes na Gralheira, porém, nenhum se situa junto à igreja do núcleo antigo, que, em retrospectiva para um clima tão adverso, especialmente no inverno, tornaria a permanência no exterior bastante difícil. Em Vilar Maior, devido aos fatores históricos, possui vários adros destinados não só às igrejas, mas também ao solar e ao pelourinho.



40. Evolução da população da Gralheira



41. Evolução da população de Vilar Maior



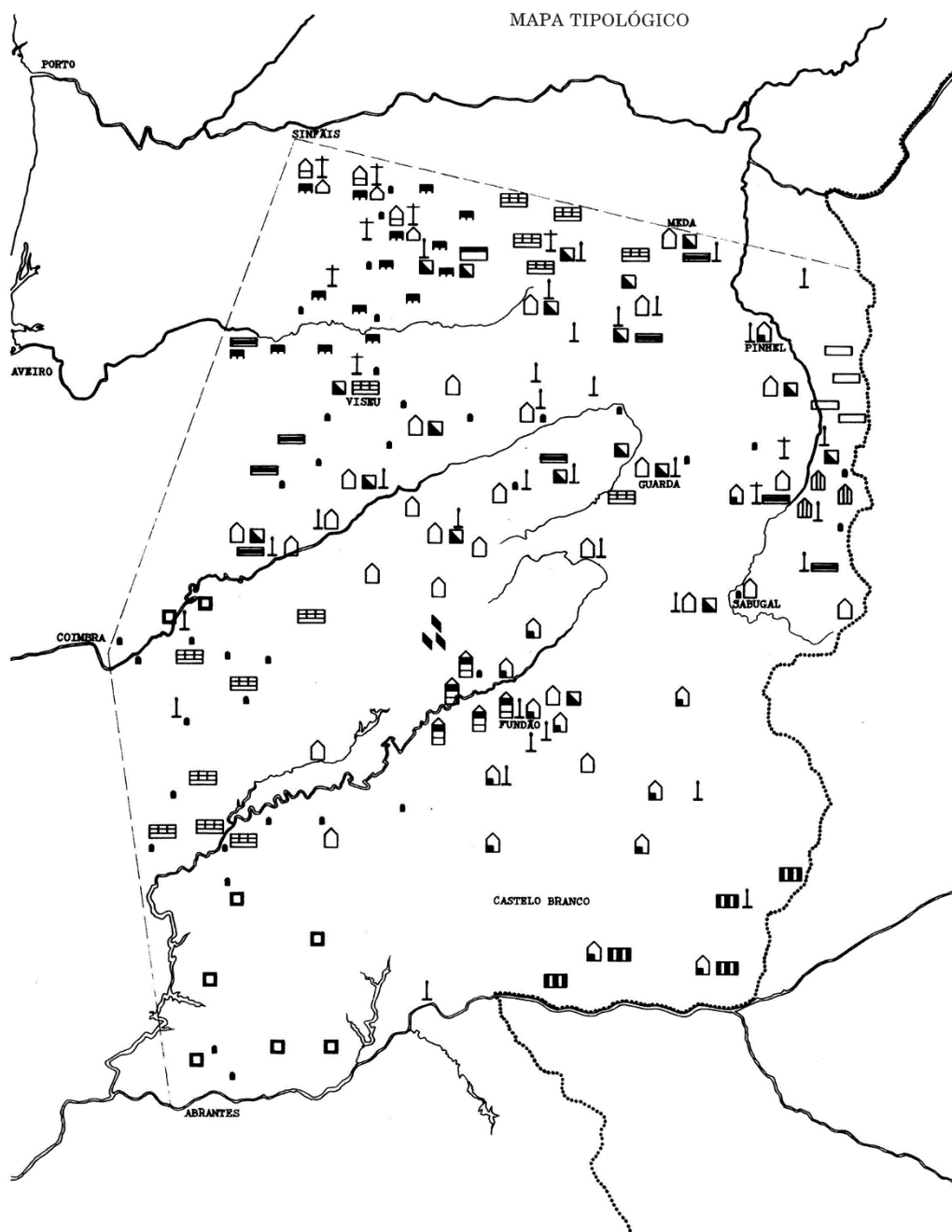
42. Evolução da população de Malpica

Os fornos, existentes nos povoamentos onde se praticava a cultura do milho e do centeio, encontravam-se, no caso da Gralheira, no interior das habitações, reflexo do clima e tipo de cultura praticada. Já no caso de Vilar Maior, os fornos eram comunitários, devido à maior produção de outras culturas e ao clima mais quente, o aquecimento do forno era aqui compartilhado por toda a comunidade. Este povoamento, devido ao passado histórico e categoria de concelho até 1855, era também provido de uma alfandega real, juiz ordinário, corpo de câmara, Misericórdia, forca, alcaide, pelourinho e eiras comunitárias. (DIAS, 1996, p. 25)

Outro indicador do desenvolvimento dos povoados é a população, que nos três casos, tem nas últimas décadas, vindo a diminuir substancialmente, muito em parte devido ao êxodo rural e à movimentação das pessoas para os centros urbanos. A Gralheira, porém, mesmo nos registos mais antigos, aparenta nunca ter sido uma povoação com uma substancial população, 189 habitantes e 60 fogos, possivelmente devido às condicionantes a que está sujeita. (CAPELA, 2010, p. 237) Atingiu um pico de 451 habitantes em 1950, e um mínimo recente de 165. Contudo, em oposição, desde o início do decréscimo populacional a construção aumentou exponencialmente.

Vilar Maior, tem vindo há séculos a perder importância, já em 1758 tinha apenas uma população de 500 habitantes e 175 fogos. Hoje apresenta a mesma tendência, pois desde que atingiu o pico de 825 habitantes em 1911, a população tem diminuído, encontrando-se hoje com um mínimo de 120. Neste caso, porém, o aumento da construção não é tão acentuado, possivelmente devido à componente histórica do mesmo. (CAPELA, 2013, p. 480)

A evolução da população de Malpica é a mais extrema, desde os primeiros registos disponíveis, em que apresentava uma população de 707 habitantes e 208 fogos, atingiu o pico populacional de 3329 habitantes e 1046 fogos, também na década de 1950, muito em parte devido ao afluxo de dinheiro da forte emigração que se fez sentir nos fins do século XIX, hoje encontra-se com mínimos de 517 habitantes. (MARTINS, 1986, p. 369)



43. Mapa tipológico da região

4. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DOS CASOS DE ESTUDO

4.1. METODOLOGIA

Estabelecido o enquadramento territorial das diferentes zonas que compõem a região, analisarei três habitações de tipologias diferentes com condicionantes e exigências de conforto térmico distintas. Uma a norte, a grande altitude, na fronteira com o Minho, uma junto à fronteira nos planaltos da *meseta Ibérica* e uma a sudeste junto à fronteira, com um microclima muito semelhante ao clima alentejano. Contudo, para uma maior coerência e facilidade de comparação dos dados estimados, a seleção dos casos teve como preocupação a escolha de habitações que fossem representativas da tipologia comum do povoamento em que se inseriam. Relevante para a análise, foi também, que partilhassem certas características entre si, nomeadamente: área total, número de pisos e envolvente construída.

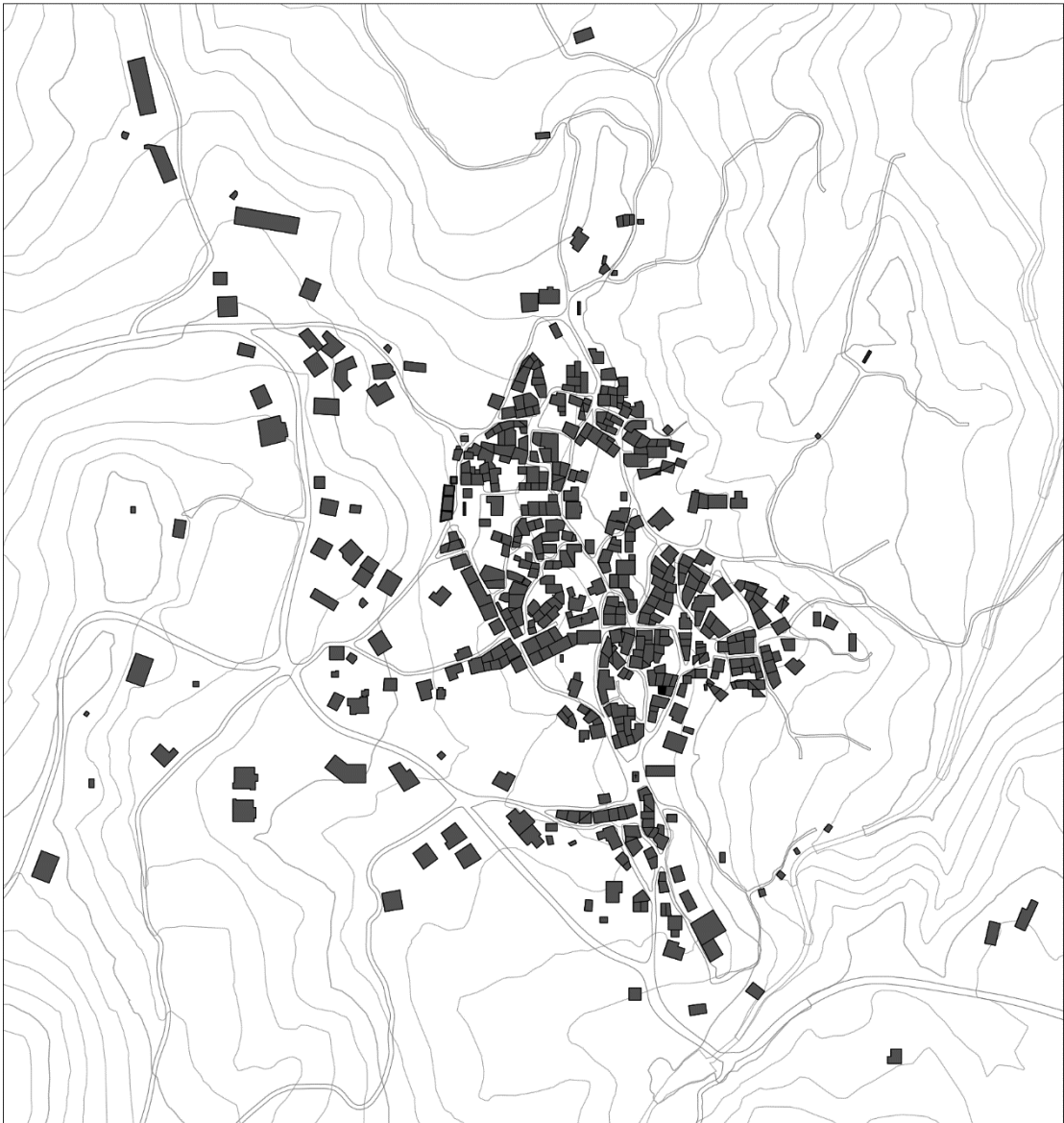
Para conseguir um melhor entendimento da relação entre o ambiente, clima e habitação vernacular de cada localidade em estudo, decidi proceder à análise em três etapas: Numa primeira, com recurso ao software Climas SCE 1.05, determinar as especificidades climáticas das povoações em que se inserem os casos de estudo, nomeadamente o comportamento da temperatura média do ar e da humidade relativa ao longo do dia. Posteriormente com base nestes dados, através do programa informático *Climate Consultante*, gerar informação sobre as estratégias da bioclimática mais adequadas a aplicar num edifício inserido na mesma povoação, através de gráficos do movimento aparente do Sol ao longo do ano, para determinar as necessidades de sombreamento, e um gráfico psicrométrico, que indica especificamente qual a eficácia de cada medida passiva.

Numa segunda fase, através de registos bibliográficos e do conhecimento popular, procurei perceber de que forma as habitações e o seu grande número de particularidades se enquadrava no propósito de tirar partido das condições climatéricas e defender as pessoas contra as adversidades ambientais. Contudo, estas relações nem

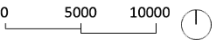
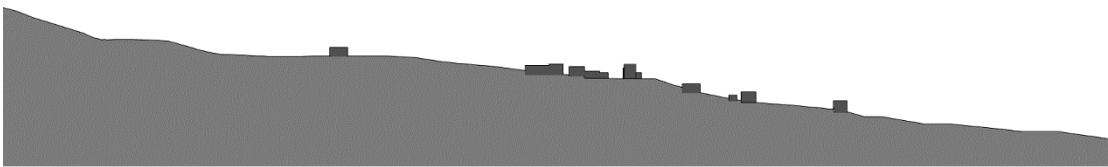
sempre são evidentes. “Os próprios construtores locais não sabem, muitas vezes, explicar os “porquês” das obras que fazem, quanto a esse aspeto. É a repetição sistemática de certos partidos arquitetónicos e a verificação da sua função através do uso corrente, que permitem descortinar-lhes as relações íntimas com o clima”. (AMARAL et al. 2004, p. 288) Desta forma, procurei registar a informação que detivesse um relacionamento mais direto com os fatores do conforto térmico, nomeadamente, como se desenrolava o dia-a-dia na habitação, como a forma afetava o mesmo, as respostas dos habitantes às variações climáticas, e quantificar os gastos energéticos para aquecimento.

Por último, numa terceira fase, procurei fazer um diagnóstico energético das habitações em estudo, com base na informação obtida na fase anterior e com recurso a três programas informáticos. O primeiro, o *Solar Energy Analysis* que, numa escala de cores, permite determinar a quantidade de radiação solar direta recebida pelo edifício diariamente, mais precisamente nos dias de maior e menor incidência (solstícios de inverno e verão). O segundo, o *STE-MONOZONA*, permite fazer uma avaliação do comportamento térmico e desempenho energético dos edifícios, estimando quais as necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento por ano. O terceiro, o *ArchiSun 3.0*, desenvolvido por especialistas da bioclimática da Universidade Politécnica da Catalunha, permite, através da introdução dos dados anteriormente adquiridos, fazer uma simulação do comportamento térmico do edifício nas diferentes estações do ano. Assim, é possível fazer uma relação, entre as temperaturas e oscilações exteriores e interiores e a sensação e conforto térmico.

Contudo, não posso deixar de frisar que os dados aqui estimados são baseados em valores nominais de referência, nomeadamente as normais climatológicas, baseadas nos registos do IPMA contidos no programa Climats SCE 1.05, e os dados de transição térmica dos materiais, para determinar o desempenho energético das habitações. (SANTOS & MATIAS, 2006)



A



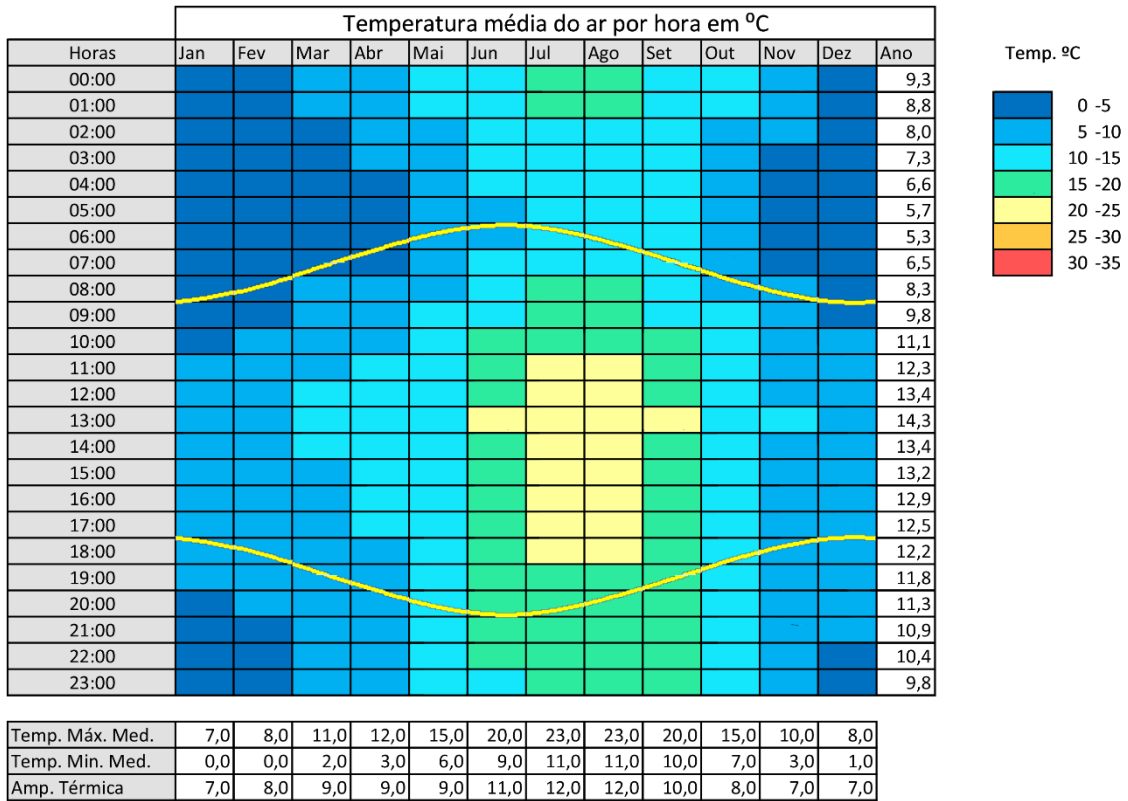
44. Implantação e Perfil A, Galheira

4.2. GRALHEIRA

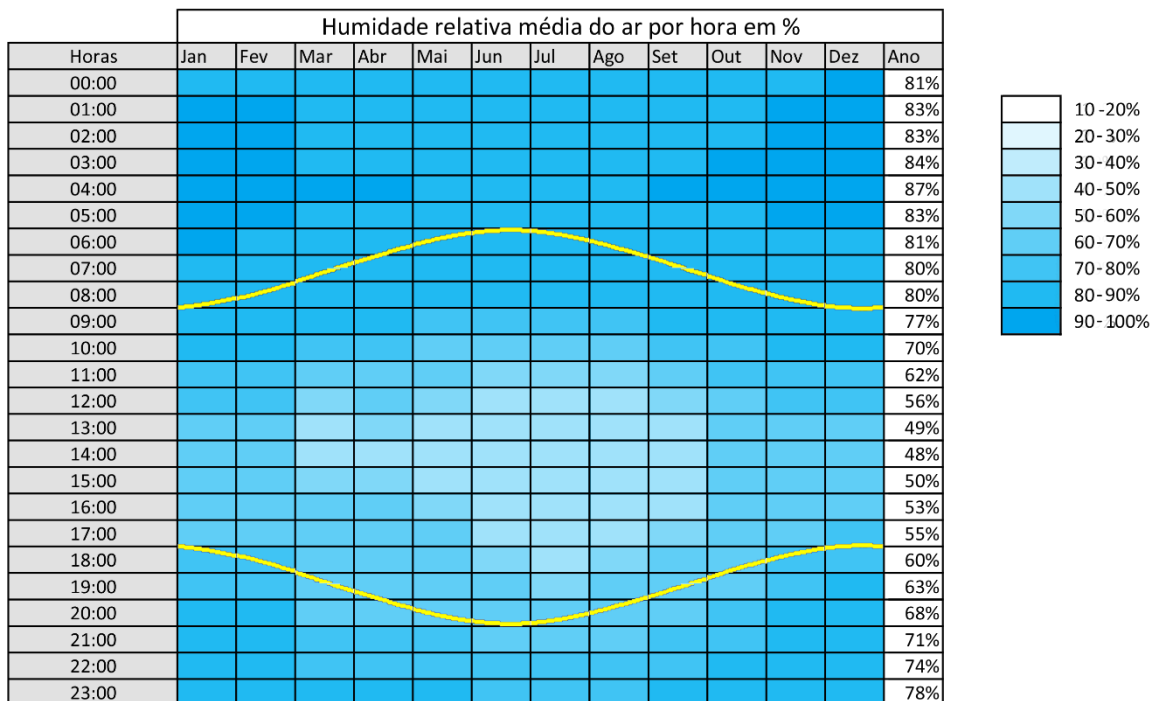
Inserida na serra de Montemuro, de paisagens inóspitas e impares na região, a Gralheira, apesar de se encontrar a grande altitude, está implantada numa depressão, rodeada por montes que protegem o povoamento da influência dos ventos. Assente num maciço rochoso, nas proximidades do rio Cabrum, encontra-se não no fundo desta, mas a meia encosta, libertando a zona mais profunda e fértil para agricultura. Estes terrenos, delimitados por muros baixos de pedra sobreposta, eram cruciais à subsistência da população, e extremamente cobiçados, pelo que as parcelas eram diminutas.

Inserida numa zona de *“solo pobre e mal servidos de meios de comunicação”*, (AMARAL et al., 2004, p. 247) as limitações e dificuldades físicas que a população teve que superar, forçaram o aproveitamento do território através dos esforços comunitários e o uso consciente dos recursos. A gestão do espaço foi assim sustentada pelas práticas e cooperação comunitária, desenvolvendo-se como um todo, em que as vantagens ao bem comum eram também ao bem individual, assegurando desta forma a sustentabilidade do desenvolvimento. O sistema organizativo equilibra-se com a criação de gado e a agricultura num aglomerado construtivo de organização aparentemente aleatória. Aqui, os espaços de circulação são de dimensões muito reduzidas, o que não parece de todo descabido quando caminhamos pelas ruas labirínticas por entre os edifícios, onde experienciamos uma diminuição significativa da influência do vento em relação à periferia.

Adicionalmente, as perdas térmicas no conjunto são também reduzidas pelo carácter compacto da povoação. De facto, este é o único, entre os três casos, em que a igreja não possui um largo, possivelmente porque as temperaturas registadas dificultassem a permanência e os encontros no exterior. Os que existem encontram-se perto de espigueiros, usados maioritariamente para o tratamento dos produtos cultivados, como por exemplo, a malha do centeio. Outros vazios urbanos que vão aparecendo entre as habitações são destinados a hortas e quintais para consumo doméstico, que apesar de não serem tão férteis evitam longas deslocações.



45. Tabela das temperaturas médias do ar, Cinfães

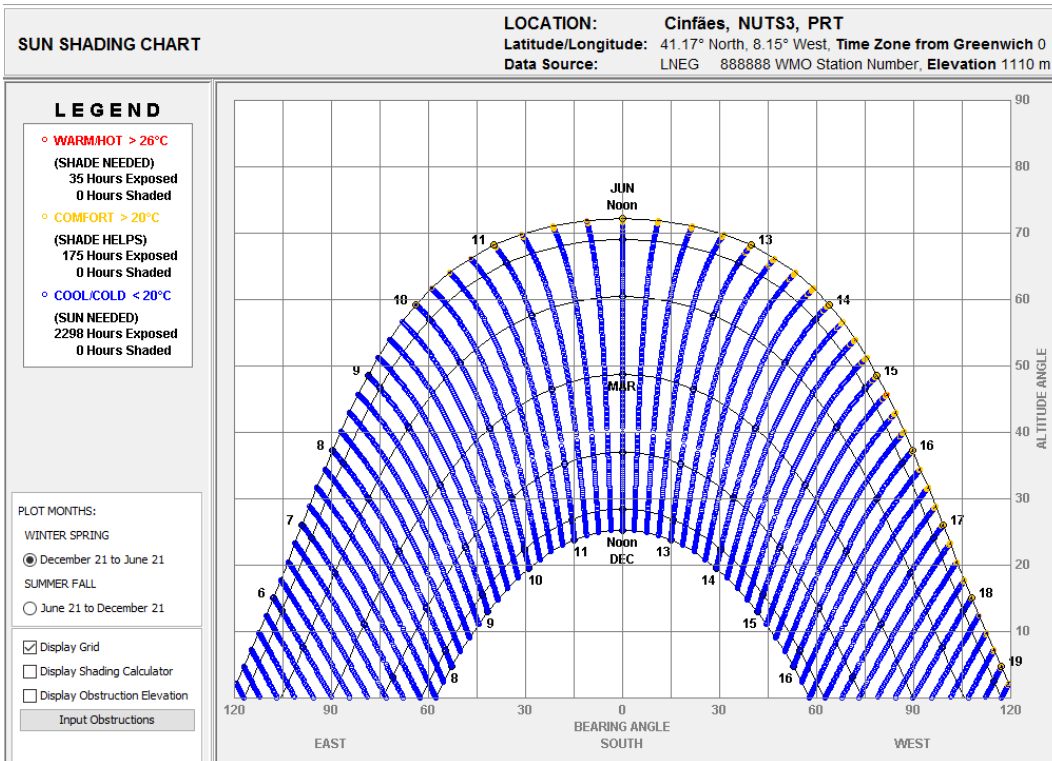


46. Tabela das humidades relativas médias do ar, Cinfães

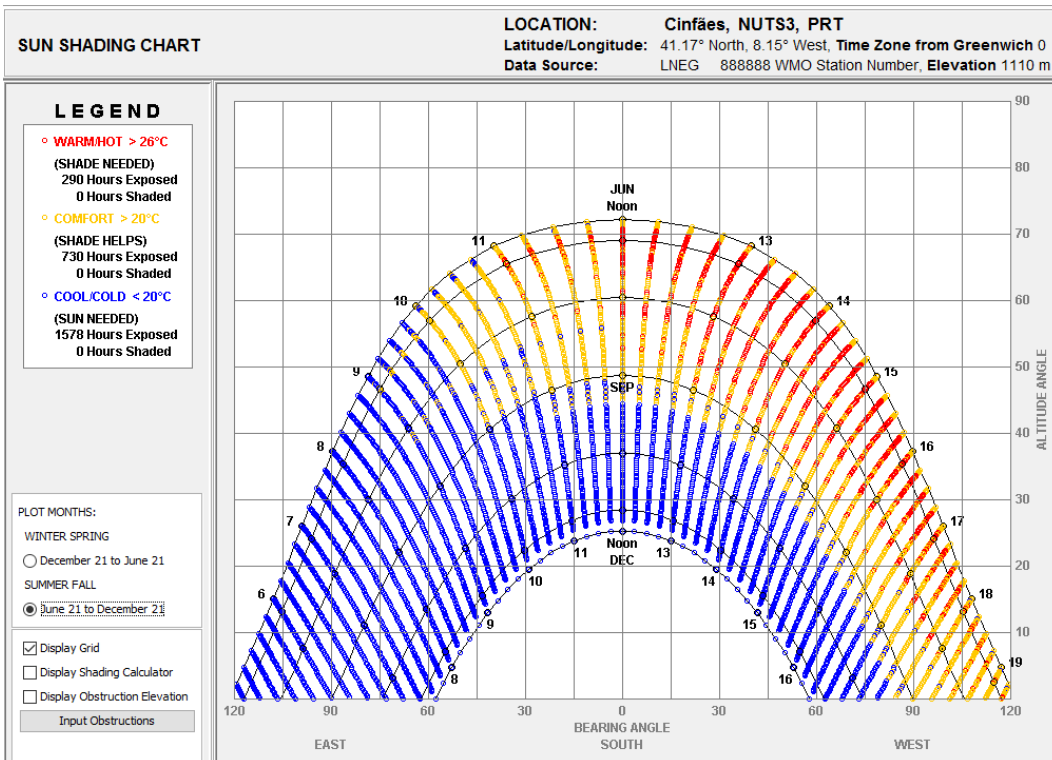
Entre os casos de estudo, este é também aquele em que se registam as temperaturas mais baixas, não chegando a subir acima da zona de conforto térmico nos quatro meses mais quentes, entre junho e setembro. Por este motivo a lavoura concentrava-se predominantemente nesta época, quer a agricultura quer o pastoreio, atividade que levava as pessoas a passarem longos períodos de tempo, longe, na serra, onde a neve dava lugar a pastos novos, dormindo os pastores sob a *coroça*, uma capa e sobrecapa de palha, que os protegia dos ventos frios e chuva. Assim, os meses de clima mais favorável eram passados a assegurar a autossuficiência das habitações nos períodos de maior frio, de meados de outubro a meados de maio. Isto porque *“hé demasiadamente frigidissima que no tempo de Inverno, dous, três e quatro meses se não vai a neve dela, alguns anos se tem coalhado o vinho neste lugar da Gralheira”*. (CAPELA, 2010, p. 237)

Este fenómeno acontecia devido à elevada humidade e às baixas temperaturas do ar, que promovem a neve, que era noutros tempos mais frequente e confinava as pessoas às suas casas durante meses a fio, altura em que a lareira nem se chegava a apagar. Aqui concentravam-se sob o mesmo teto, além do abrigo da família, os animais, o armazenamento de certos produtos agrícolas, de bens essenciais e lenha, assegurando que tinham o necessário para subsistir no período de inverno.

A arquitetura da Gralheira encontra-se inserida no que o *Inquérito à Arquitectura Popular Portuguesa* designa de sub-região B, que engloba toda a serra de Montemuro, onde as casas possuem espessas paredes de granito, barradas por dentro. Raramente se encontram orientadas a norte e são, *“nas zonas mais remotas, frequentes as dum só piso e, originalmente, dum só compartimento”*, (AMARAL et al., 2004, p. 247) onde se processava toda a vida doméstica. As coberturas, apesar de hoje já não existir nenhuma do género, eram comumente de colmo, *“que é barato e isola do frio”* (AMARAL et al., 2004, p. 247), seguro à estrutura de madeira do telhado através de fiadas de pedras atadas com trancas de palha na cobertura para uma maior estabilidade e resistência. Apesar do colmo constituir uma solução mais eficiente contra o frio, as exigências de manutenção que requer são maiores que as da telha, além de ser também um material facilmente inflamável e que oferece uma maior estanquidade aos fumos do interior, o que criava por vezes uma atmosfera insuportável no interior.



47. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Cinfães



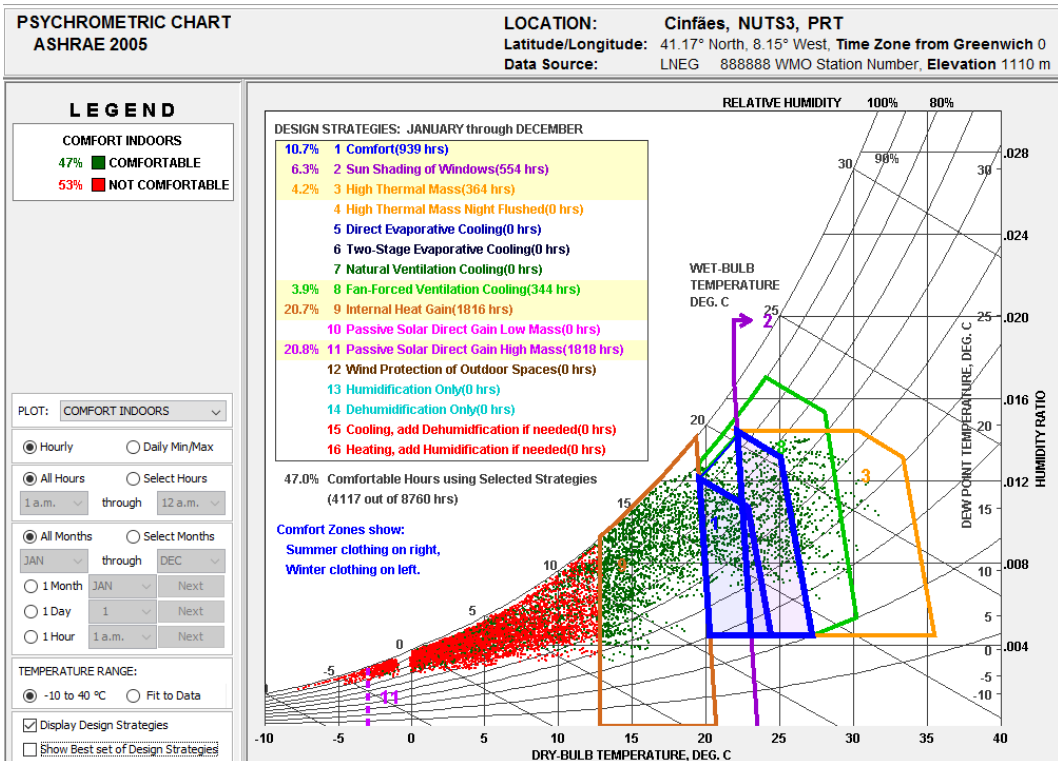
48. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Cinfães

4.2.1. PRINCIPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS À GRALHEIRA

Através dos princípios da bioclimática, de acordo com os padrões atuais, é possível determinar e quantificar as exigências e soluções a aplicar à arquitetura, de forma a atingir o conforto interno ao longo do ano, recorrendo apenas a medidas de climatização passiva. No caso da Gralheira, inserida numa zona climática de inverno I3 e de verão V1, o primeiro apresenta-se mais exigente que o segundo, sendo as necessidades energéticas de aquecimento maiores que as de arrefecimento, perfazendo um total de 2818 graus-dia.³ (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 25) Em termos concretos, para que uma habitação nesta localização seja energeticamente eficiente, o RCCTE estabelece que não deve exceder as necessidades nominais anuais de energia para aquecimento de 128,77 Kwh/m² e de 4,74 Kwh/m² para arrefecimento.

Para que seja possível atingir tais parâmetros, a bioclimática determina vários aspetos que se devem ter em consideração no desenvolvimento de projeto. O aproveitamento solar, como um dos mais significativos, é a principal fonte de energia, sendo que para determinar a otimização deste é necessário ter em conta o percurso aparente do Sol ao longo do ano e as temperaturas registadas. Uma vez que na Gralheira estas raramente sobem acima da zona de conforto térmico, o aproveitamento solar é aqui um fator de grande vulto. Entre o solstício de inverno e de verão (46), este deve ser ativamente promovido em todas as fachadas e durante todo o período, pois esta energia é crucial para a redução de gastos em climatização interior, uma vez que a temperatura do ar se vai encontrar sempre abaixo dos 20°C se não se recorrer ao aquecimento ativo (a azul). No resto do ano, entre o solstício de verão e de inverno (47), o aproveitamento solar é apenas vantajoso a partir de setembro nas fachadas a sul e oeste e durante todo período na fachada a este. Apenas entre meados de junho e fins de agosto é aconselhada a proteção dos vãos da incidência solar nos quadrantes sul e oeste, podendo, caso contrário, a temperatura do ar interior subir acima dos 26°C (a vermelho) e causar desconforto térmico.

³ Necessidades térmicas anuais de climatização.



49. Gráfico psicrométrico, Cinfães



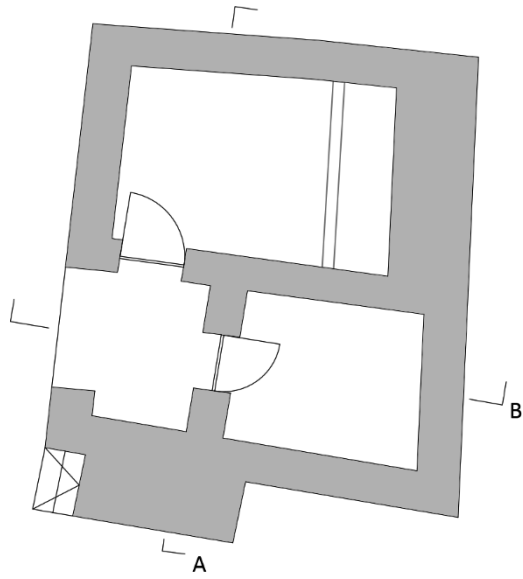
50. Caso A, Habitação, Gralheira

Quanto aos outros aspetos, é também recomendável que os panos e vãos exteriores tenham uma elevada inércia térmica, de forma a que seja possível reter a energia no interior restringindo as perdas por condução para o exterior, o que é crucial especialmente na época de aquecimento, quando a diferença de temperaturas é maior. Adicionalmente devem ser promovidos os ganhos internos e a ventilação, de preferência através de meios mecânicos, para que seja possível controlar a dissipação da energia do ar interior antes de chegar ao exterior.

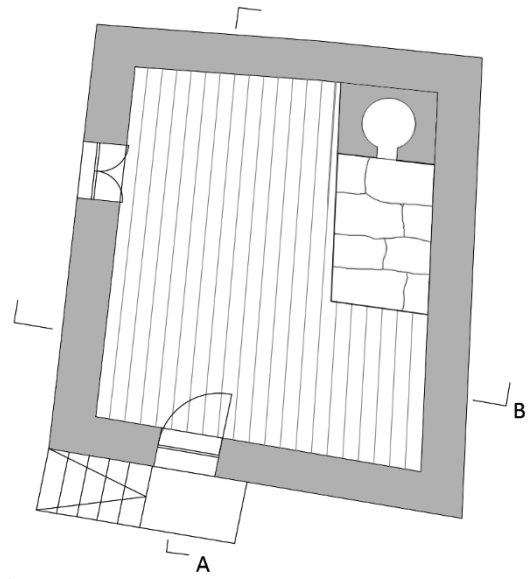
É através da aplicação destas medidas passivas, que a bioclimática visa reduzir significativamente as necessidades energéticas de climatização de um edifício para esta localização. Em termos quantitativos tal pode-se estimar com recurso ao gráfico psicrométrico de *Givoni*, (48). Sem ter em conta o aquecimento ou arrefecimento ativos, o gráfico apresenta a influência no conforto térmico a cada dia do ano em função da temperatura e humidade relativa do exterior. Deste modo, este determina que é possível que uma habitação ao longo do ano, possa atingir o conforto térmico em 47% do tempo (os pontos verdes), sendo necessário o recurso a sistemas de aquecimento ativo para o conseguir atingir nos restantes 53% (os pontos vermelhos).

4.2.2. CASO A, A HABITAÇÃO DA GRALHEIRA

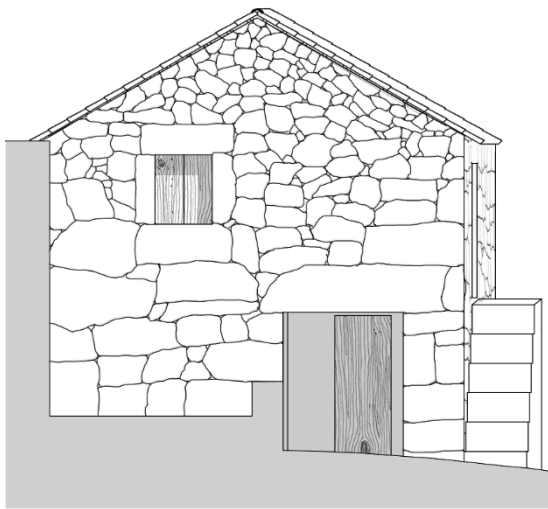
Inserida no aglomerado construído, a habitação aqui analisada encontra-se junto ao Largo da Eira do Adro, onde se realizavam as malhas do centeio e onde encontramos um dos espigueiros. A sua tipologia é uma das mais comuns no povoamento, de dois pisos e pouco alta, de planta retangular pouco regular e constituída por um espaço de habitação no piso superior e o inferior dividido em arrumos e corte para os animais. Os acessos são feitos de forma independente pelo exterior. No piso inferior este encontra-se resguardado por uma reentrância no volume, que serviria para proteção das chuvas e neves, e onde geralmente se arrumavam ferramentas, alfaías agrícolas, lenha, capas e capotes quando chegavam molhados da lavoura. (SILVESTRE, 1983) O acesso ao piso superior é feito por uma escadaria exterior, que culmina numa varanda de dimensões reduzidas, o estritamente necessário à passagem.



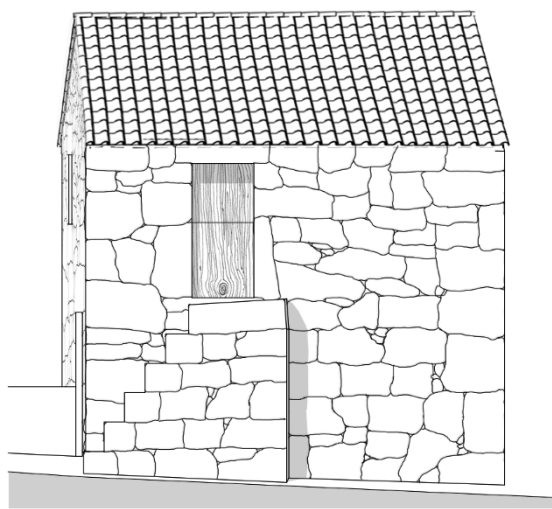
Planta Piso 0



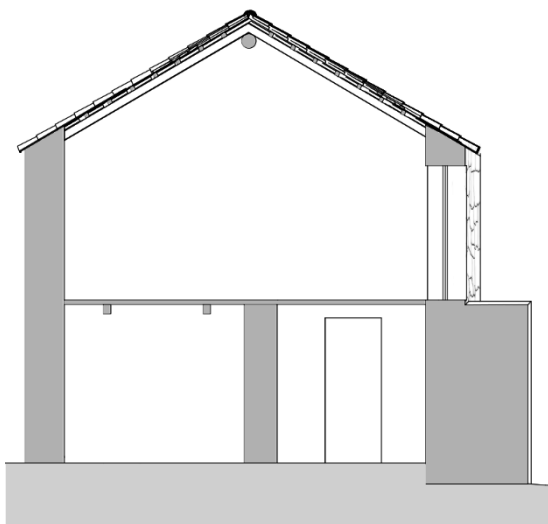
Planta Piso 1



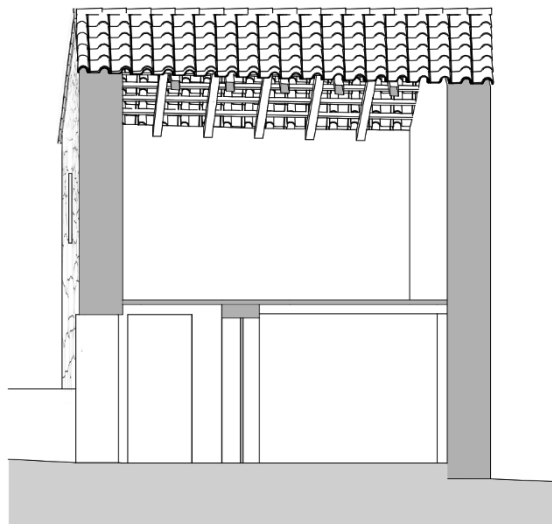
Alçado Lateral



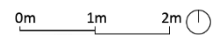
Alçado Frontal



Corte A



Corte B



51. Plantas, Cortes e Alçados, Caso A

As paredes são de granito, de duplo paramento em alvenaria de pedra seca, concebidas para que os ventos húmidos do inverno não penetrem no interior. A parte exterior de um aspeto tosco, com pedras aparentemente mal alinhadas tinham em tempos, no lugar do cimento ou da cal, o musgo, usado para tapar as frinchas por onde o vento pudesse entrar. (SILVESTRE, 1983) Duas das paredes são partilhadas com os edifícios adjacentes, a norte e a oeste, indicando a construção que a casa foi erguida posteriormente à que encontramos a norte, pois o travamento das paredes através dos cunhais foi apenas feito na fachada oposta, a principal.

A cobertura, hoje em telha, seria anteriormente de colmo, sobre um vigamento estrutural de madeira que apoiava diretamente na alvenaria, tal como o soalho interior. Este tinha propriedades de isolamento e impermeabilização muito superiores, o que constituía também uma desvantagem, uma vez que mantinha o fumo no interior. Este era evacuado apenas através dos vãos, que são de dimensões reduzidas, prática comum no povoamento, para evitar exacerbar as perdas térmicas. Nestes são apenas usadas portadas de madeira, na janela, e uma porta e um postigo, também de madeira, no acesso ao andar superior, servindo este último para controlar a área aberta ao exterior.

Com uma área total de 32 m², o interior é de um paramento mais cuidado e coberto com barro no andar superior, regularizando a parede interna e constituindo uma proteção adicional contra os ventos. Aqui, fazendo parte da única divisão do andar superior, a cozinha desempenhava um papel fundamental na vida da casa. Era provida de forno no canto, com uma pia em pedra para apagar as brasas, voltado para a lareira, que era acesa num desnivelamento de pedra inferior ao pavimento. Em seu redor eram dispostos bancos para albergar não só a família, mas também vizinhos e amigos, que em dias de cozedura faziam serões até tarde nas noites de inverno. De facto, esta desempenhava um papel fundamental no dia-a-dia da família, especialmente durante as invernias, pois era a principal fonte de calor e onde cozinhavam e se aqueciam.



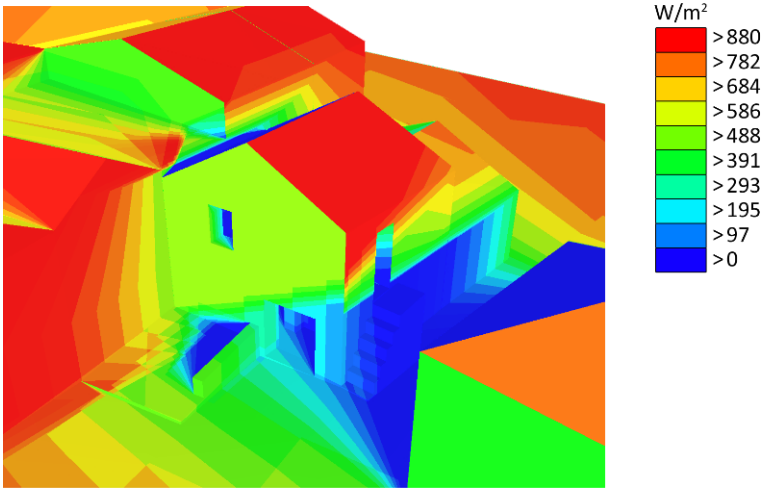
52. Interior de uma Habitação na Gralheira

Assim, num só espaço, aproveitava-se o calor da lareira e do forno, por várias pessoas e por vezes agregados, permitindo gastar menos lenha e fazer um uso eficiente da energia gerada. Próxima da lareira e acima do trasfogueiro, encontrava-se uma mesa rebatível, que fechava uma espécie de armário. Quando aberta, apoiava sobre o *rabo da mesa* e era onde se faziam as refeições, com os pés sempre quentes próximos do borralho. (SILVESTRE, 1983) Assim, no mesmo espaço as pessoas cozinhavam, comiam e socializavam, sendo desnecessário moverem-se da lareira para a mesa, de comer num ambiente menos abrangido pelo calor ou mesmo aumentar o gasto de lenha.

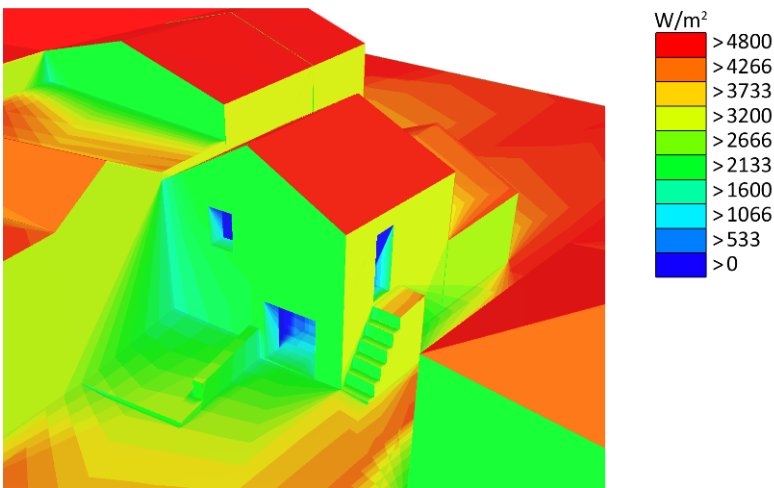
Sobre a cozinha, entre esta e a cobertura, encontrava-se o caniço, onde se arrumava e secava a lenha, para que não faltasse na lareira, evitando que fosse necessário sair de casa para apanhar mais, constituindo também uma outra camada que dificultava a evacuação do calor. Em outras habitações a lenha encontrava-se numa generosa varanda sob o alpendre, protegida da chuva e perto da entrada. Também na cozinha se encontrava frequentemente uma cama, com um enxergão de palha, ou à falta de melhor diretamente sobre produtos agrícolas armazenados. Para poupar lenha, durante o inverno, a família deitava-se cedo, perto do remanescente calor da lareira, e usavam na cama vários cobertores ou mantas de lã, para que o calor produzido pelo corpo se conservasse durante a noite.

4.2.3. ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO A

Ao colocar-se em confronto os princípios bioclimáticos com os que regiam a arquitetura vernacular, ficam evidentes algumas diferenças fundamentais. Aqui o aproveitamento solar é feito de forma um tanto ou quanto deficitária, uma vez que para o efeito o vidro é fundamental e este tinha custos inabarcáveis a qualquer habitante rural. No lugar deste usam-se as portadas de madeira, apenas abertas para evacuação dos fumos que se geravam no interior, sendo incompatível o aproveitamento solar através dos vãos sem exacerbar as perdas térmicas.



53. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso A



54. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso A

O solstício de inverno, a 21 de dezembro, é o dia com menor incidência solar, em que esta atinge uma máxima de 880 W/m^2 , e as temperaturas são significativamente baixas, pelo que o aproveitamento da radiação é vantajoso. Contudo, este é na habitação maioritariamente feito através dos panos exteriores e vãos opacos, concentrando-se no andar superior, uma vez que o volume da habitação vizinha a sul, apesar de atenuar a força dos ventos incidentes na fachada principal, cria um problema de sombreamento durante todo o dia no andar inferior.

No solstício de verão, a 21 de junho, altura em que a radiação é mais intensa e o sol incide de um maior ângulo, o edifício encontra-se mais exposto, concentrando-se a radiação com um máximo de 4800 W/m^2 , sobretudo na cobertura. Porém, como as temperaturas registadas não são muito elevadas, a climatização interior consegue-se fazer com uma certa facilidade através da abertura dos vãos, deixando penetrar na habitação os ventos da serra que dissipam assim a energia acumulada.

Como o aproveitamento solar da habitação era substancialmente pouco, a família recorria à lareira para aquecimento. Desta forma, era garantido durante o verão, o armazenando de lenha suficiente para todo inverno. A quantidade que gastavam e a energia de que necessitavam é difícil definir com precisão, contudo, com recurso ao STE-MONOZONA pode-se estimar que estas rondariam os $535,52 \text{ Kwh/m}^2$ por ano. Este não é um valor muito elevado, em parte porque apenas o andar superior era ativamente aquecido, uma vez que no piso inferior, no curral, se encontrava o gado que por si também produzia calor. Como neste o pé direito é também sensitivamente baixo, reduz o volume que é necessário aquecer.

Segundo o *Inquérito à Habitação Rural*, gastava-se em média nesta zona entre 3000 e 6000 kg de lenha por ano.⁴ O equivalente a uma quantidade de energia compreendida entre os 12 000 e os 24 000 Kwh por ano. (KRAJNC, 2013, p. 23) Embora estes valores se apresentem mais altos, é necessário ter em conta que incluem a energia usada para a confeção dos alimentos.

⁴ Dados de habitações em Leomil (3000 kg) e São Pedro do Sul (6000 kg e 4000 kg), (BASTO & BARROS, 1943, p. 228, 244, 250)



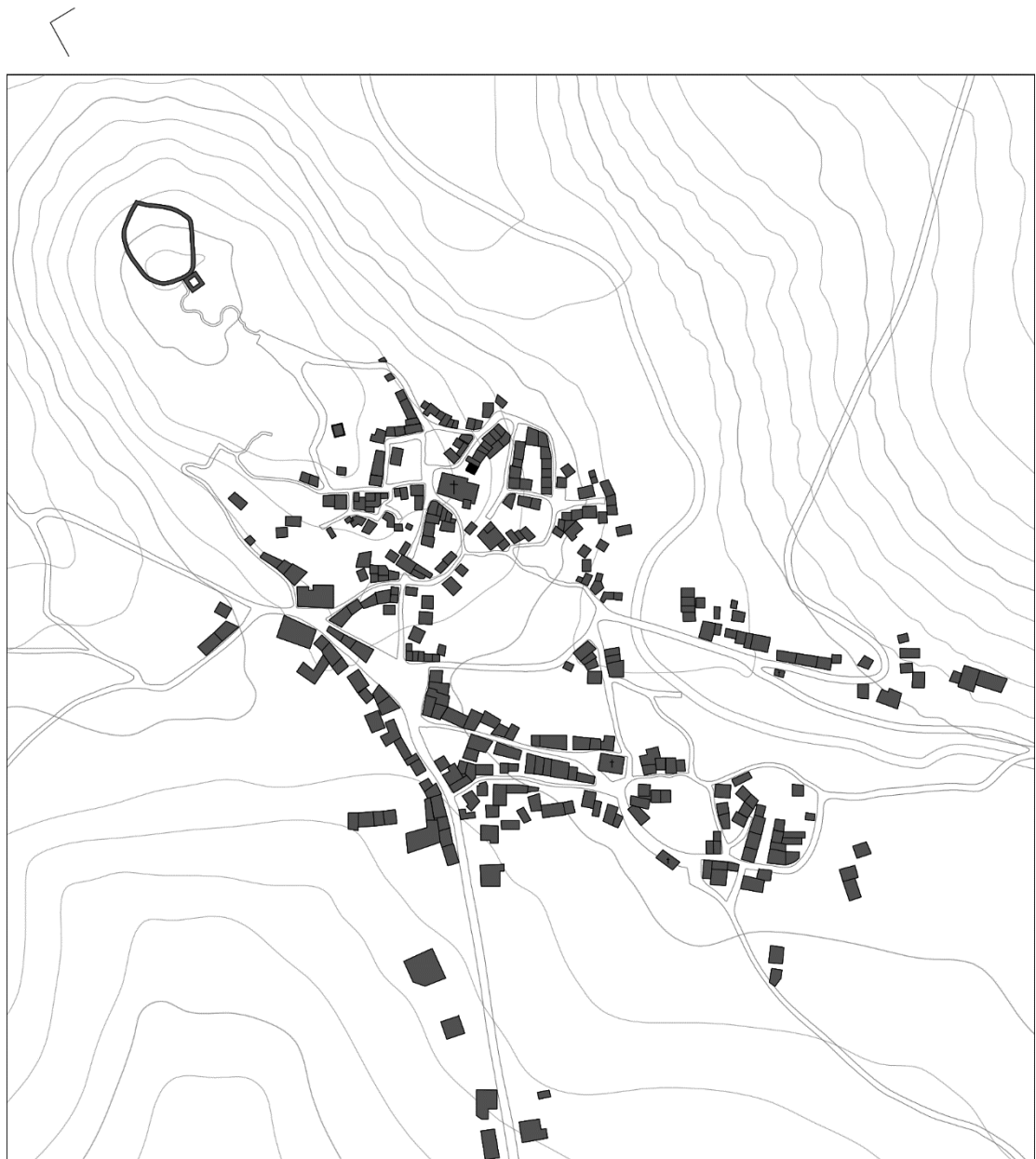
■ Ganhos Internos ■ Radiação Indirecta ■ Temperatura Exterior ■ Temperatura Interior do Ar ■ Sensação Térmica

55. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso A

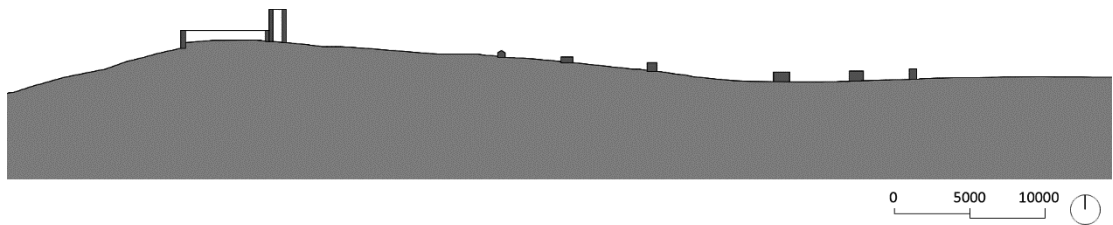
Através da simulação do comportamento térmico da habitação nas diferentes estações do ano, realizada com recurso ao Archisun 3.0, pode-se estabelecer uma relação entre as temperaturas exteriores e o ambiente interior. Aqui verifica-se que a inércia térmica das paredes de granito de considerável espessura, atenuam as amplitudes térmicas exteriores. Embora se registre uma oscilação de 5,4°C no exterior, no interior esta é significativamente menor, de 1,2°C, o que significa que quando apagada a lareira, o calor mantinha-se no interior por algumas horas. Contudo, no inverno, altura em que as temperaturas são muito baixas e em que a habitação tem um aproveitamento solar virtualmente nulo, as temperaturas interiores são muito próximas das que se verificam no exterior, sendo a diferença de apenas 0,6°C. Adicionalmente, a sensação térmica é de aproximadamente 2°C abaixo, roçando os valores mínimos registados no exterior, pelo que o recurso à lareira era essencial para colmatar tais diferenças. Durante este período as pessoas passavam o tempo quase inteiramente no interior da habitação, confinados pela neve e frio.

Na estação da primavera verifica-se um comportamento muito semelhante ao período de outono, em que as temperaturas apesar de mais elevadas que no inverno, ficam ainda abaixo da zona de conforto térmico (a verde), sendo também necessário recorrer ao calor da lareira. Além disso, era especialmente durante o outono que se faziam os serões da cozedura do pão, promovendo a cooperação comunitária e reduzindo os recursos utilizados.

No período de verão as condições térmicas são as mais favoráveis, registando-se, porém, maiores oscilações interiores que no resto do ano, de 1,4°C, que são no entanto, menores que as que se registam no exterior, de 7,1°C. Nesta estação, devido à elevada radiação recebida, os efeitos refletem-se no interior, uma vez que as temperaturas internas, de 19,2°C, são mais elevadas que as externas, de 18,3°C. Neste período verifica-se também que a sensação térmica é acima da temperatura interior entre os 0°C e ao 1,5°C, não chegando, contudo, a atingir os valores determinados do conforto térmico. Desta forma, a necessidade de arrefecimento ativo durante esta estação é quase nula. Porém, a habitação teria também neste período o menor uso, pois os habitantes passavam a maior parte do tempo na lavoura ou pastoreio, dormindo em abrigos temporários, ou sob as *coroças*.



B



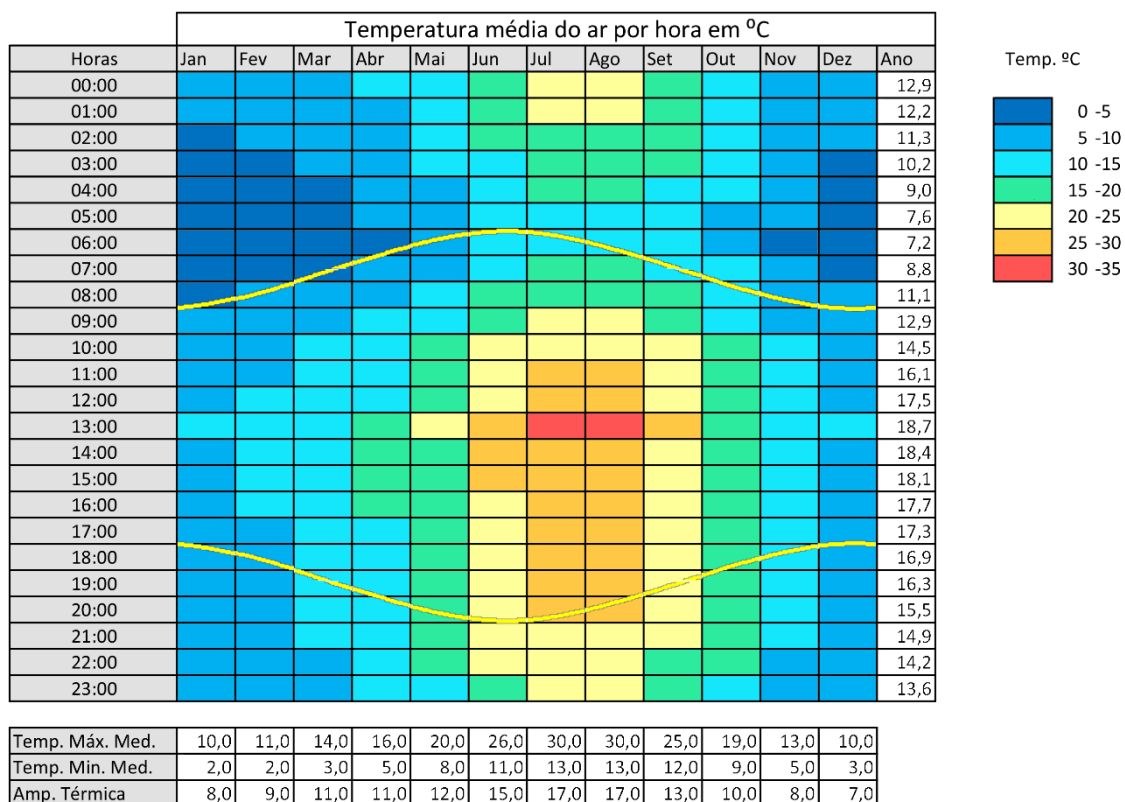
56. Implantação e Perfil B, Vilar Maior

4.3 VILAR MAIOR

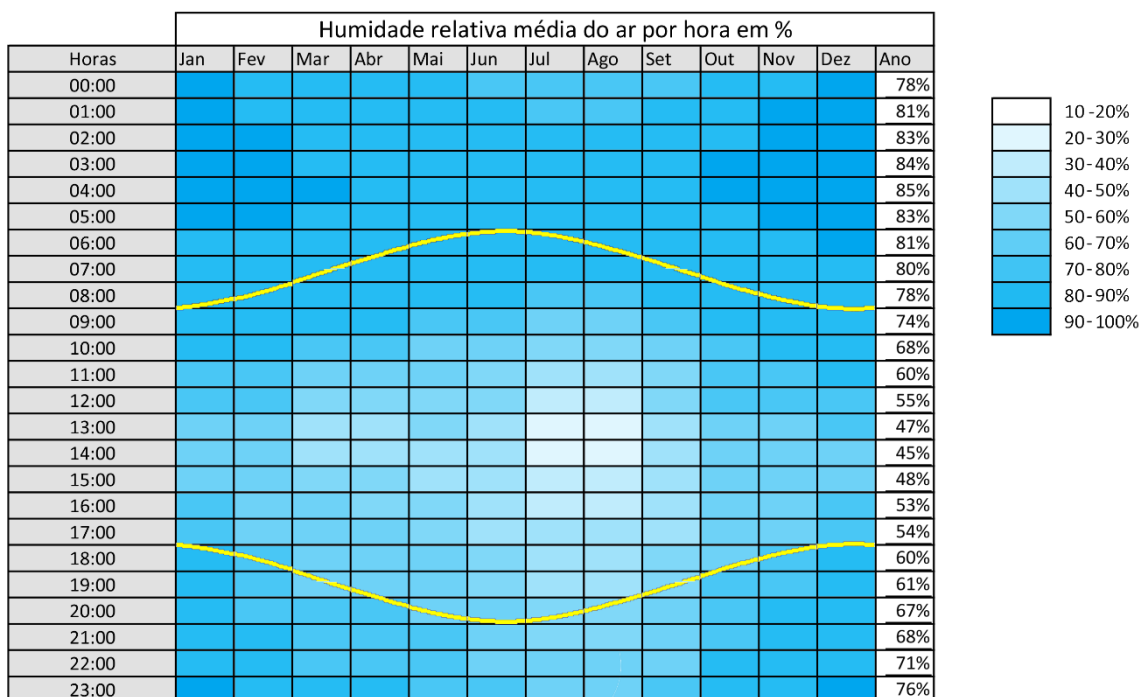
Localizada na zona de vastos planaltos e de fronteira, Vilar Maior tem a sua implantação num monte, entre duas linhas de água, numa zona rochosa de difícil acesso. Aqui o povoamento foi fortemente influenciado pela componente histórica, tendo-se desenvolvido em função do castelo. Também aqui na zona mais profunda, junto ao rio, é onde se encontra um maior parcelamento, pois era onde se encontravam os terrenos mais férteis e a maioria das hortas ou nabais, de onde tiravam os produtos agrícolas de consumo doméstico.

Provido de uma estrada legada pelos romanos, este povoamento foi durante séculos ponto obrigatório de passagem, o que tornava o povoamento também mais vulnerável a invasões. Por este motivo o seu desenvolvimento esteve condicionado até a estabilização política da região, indicando a linha evolutiva desta comunidade medieval, que passa pelo crescimento urbano em formato *leque* a partir do núcleo do castelo, indica a expansão para o vale, mas sempre na direção este e sudeste, o que conferia ao maciço habitacional uma maior proteção, proporcionada pela topografia, dos ventos predominantes de norte e norte-noroeste. (NUNES, 1998, p. 75) Aqui as casas ganham uma clara complexidade em proporção à distância do castelo, encontrando-se junto deste um vasto número de casas de um só piso de parca construção, enquanto que junto à praça do pelourinho estas rareiam, ganhando a arquitetura complexidade. O núcleo medieval registado por Duarte d'Armas (1510), é hoje inexistente, tendo sido aproveitada a maioria das pedras da antiga igreja para erguer o cemitério e as das muralhas exteriores para outras edificações.

Embora o povoamento não seja tão compacto como o da Gralheira, este é de tipo aglomerado, ganhando relevância os largos na sua organização, que são aqui de proporções maiores. Adicionalmente, elementos como o Castelo, o Solar dos Rebochos, o Pelourinho e também a proximidade com a povoação de Malhada Sorda, onde a indústria oleira era proeminente, indicam que, de grosso modo, o isolamento nunca foi uma condicionante de vulto. Contudo, a sua localização na zona de fronteira e a fraca produtividade agrícola dos solos, aparentam ter uma significativa influência na baixa densidade populacional que sempre aqui se registou.



57. Tabela das temperaturas médias do ar, Sabugal

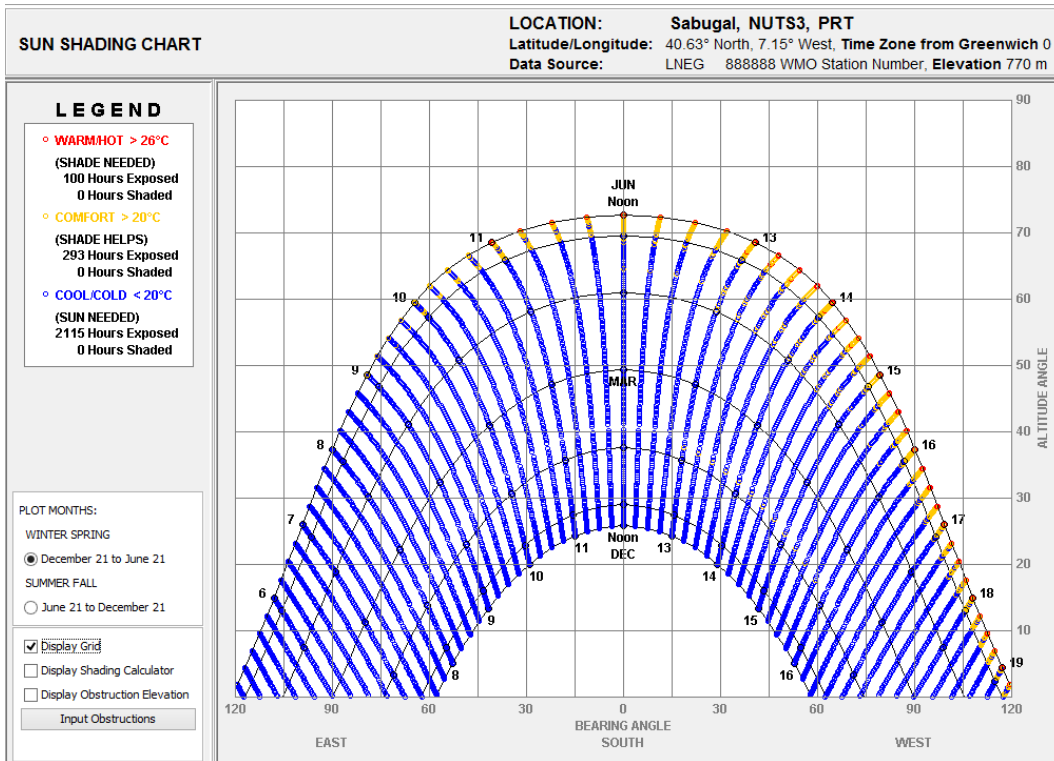


58. Tabela das humidades relativas médias do ar, Sabugal

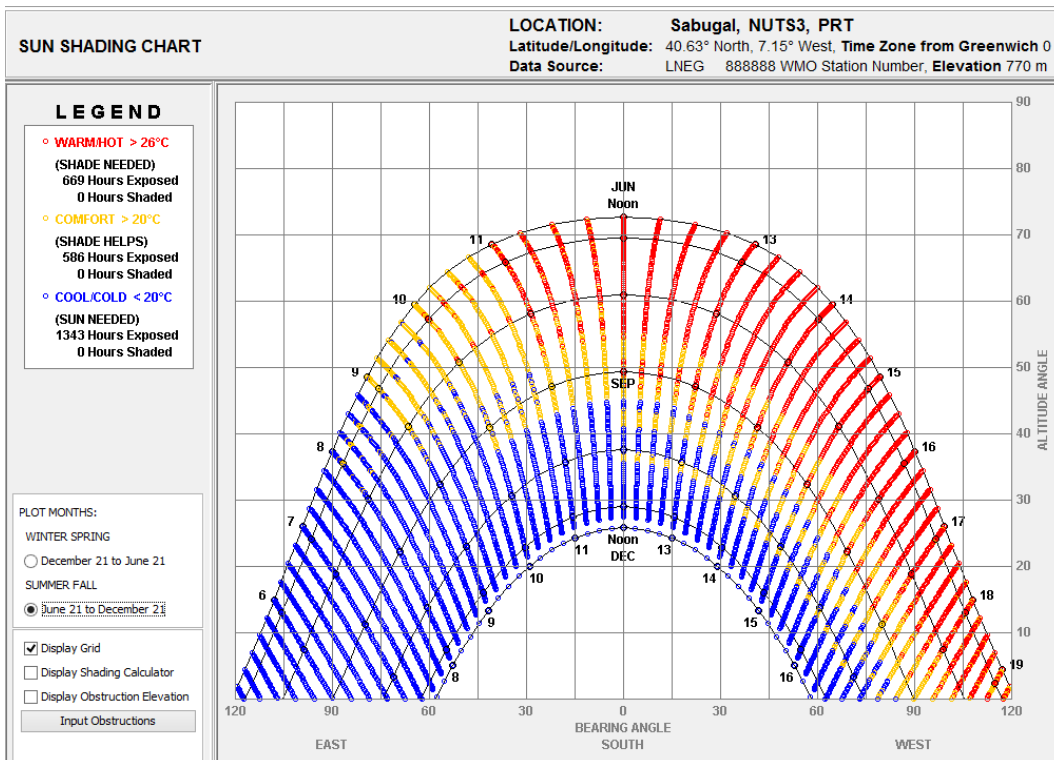
As temperaturas registadas, apesar de serem superiores às da Gralheira, o frio é também uma condicionante que afetava os habitantes. O período de aquecimento de sete meses e meio, de outubro a meados de maio, em que as temperaturas são mais baixas, o trabalho era reduzido, passando as pessoas mais tempo em casa. Também aqui a lavoura se concentrava nos períodos de maior calor, entre junho e setembro, aproveitando as temperaturas mais altas, passavam semanas na ceifa, dormindo em abrigos erguidos para este propósito.

Devido às influências do clima continental da *meseta Ibérica*, Vilar Maior apresenta uma humidade relativa muito menor que a Gralheira, em concordância com os dados de precipitação anual. Aqui a neve não é tão frequente, mas é comum o frio seco que cobre nas manhãs de inverno, as superfícies exteriores com uma fina camada de gelo. Também aqui existia uma forte componente de armazenamento de bens, contudo, grande parte deste era feito em edificações suplementares, separadas fisicamente do complexo de habitação, como palheiros e adegas.

Aqui a tipologia da habitação é, segundo os registos presentes na *Arquitectura Popular em Portugal*, a mais predominante da região, a designada sub-região A, que se espraia desde Coimbra à fronteira e deste o Douro ao Tejo. Esta tipologia, apesar de se encontrar em diferentes solos, com diferentes culturas e materiais, é caracterizada pelo amplo uso da pedra da região, granito e xisto, sendo que nas áreas de transição as paredes de xisto são travadas por cunhais de granito. As casas, geralmente de dois pisos e de planta retangular sem grande regularidade, são providas de um curral e o primeiro piso é destinado aos animais e às alfaias. O segundo é para habitação, com escadas exteriores, de pedra e as varandas alpendradas, por vezes envidraçadas. Os telhados de telha solta de canudo, ou de placas de xisto, são desprovidas de chaminés. Os interiores geralmente escuros e desconfortáveis, com uma sala comum onde se cozinha no chão, e algumas alcovas diminutas e sem janelas. (AMARAL et al., 2004, p. 243) A lareira é também aqui de grande importância, pois é onde se preparam as refeições, se aquecem os habitantes, se convive, se fuma a carne e se seca a lenha ou as castanhas.(AMARAL et al., 2004, p. 244)



59. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Sabugal



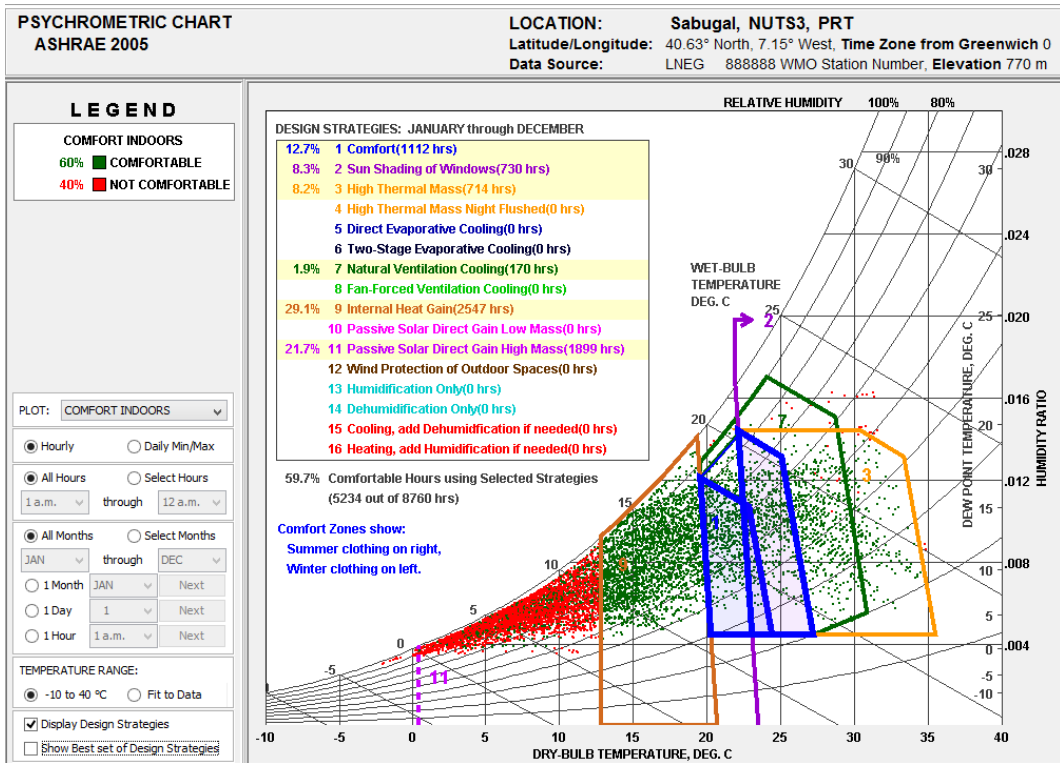
60. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Sabugal

4.3.1 PRINCÍPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS A VILAR MAIOR

Esta localização geográfica está inserida numa zona climática de inverno I3, tal como a Gralheira, e de verão V2. O primeiro é também mais exigente que o segundo, porém, este apresenta aqui exigências superiores, ganhando relevância tanto as necessidades de aquecimento como as de arrefecimento. Adicionalmente, as amplitudes térmicas diárias são também elevadas, sendo necessário a aplicação de métodos de estabilização térmica nas habitações, de forma a reduzir as necessidades de climatização, que perfazem um total de 1977 graus-dia.⁵ (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 28) Concretamente, para que uma habitação nesta localização seja energeticamente eficiente, o RCCTE estabelece que esta não deve exceder as necessidades nominais anuais de energia para aquecimento de 50,45 Kwh/m² e de 10,88 Kwh/m² para arrefecimento.

Para atingir tais parâmetros a bioclimática determina soluções em parte semelhantes às da Gralheira. No caso do aproveitamento solar, tendo em conta o percurso aparente do Sol ao longo do ano e as temperaturas registadas, este é vantajoso na época de arrefecimento e prejudicial na de aquecimento. Desta forma, entre o solstício de inverno e de verão (58), este deve ser ativamente promovido em todas as fachadas e durante todo o período, sendo especialmente vantajoso à climatização entre novembro e maio. Neste período, a temperatura do ar exterior encontra-se abaixo dos 20°C, podendo a interior descer abaixo da zona de conforto se não se recorrer ao aquecimento ativo (a azul). No restante período do ano, entre o solstício de verão e de inverno (59), o aproveitamento solar deve ser restringido, particularmente entre meados de junho e de agosto, altura em que a temperatura do ar exterior sobe acima dos 26°C (a vermelho), e a incidência da radiação é bastante alta e prejudicial à climatização interior. Desta forma, é recomendado o recurso a sistemas de sombreamento, preferencialmente nos vãos, de forma a impedir a penetração solar no interior a partir das 11 horas, em particular nas fachadas orientadas aos quadrantes sul e oeste.

⁵ Necessidades térmicas anuais de climatização.



61. Gráfico psicrométrico, Sabugal



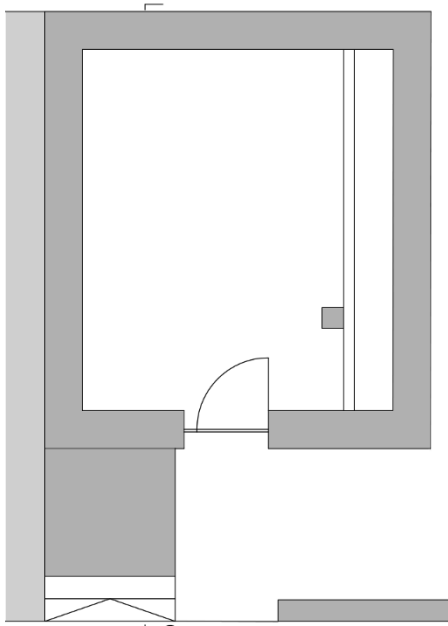
62. Caso B, Habitação, Vilar Maior

Outra medida também recomendável é que os panos e vãos exteriores possuam uma considerável inércia térmica, tal como na Gralheira. Esta permite que a energia seja retida no interior, reduzindo a influência das elevadas amplitudes térmicas exteriores. Adicionalmente, devem também ser promovidos os ganhos internos e a ventilação natural, especialmente na época de arrefecimento durante período noturno, para permitir a dissipação da energia armazenada no interior.

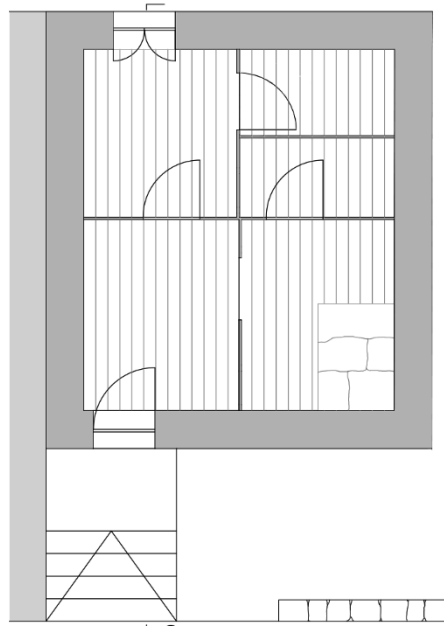
O conjunto destas medidas visam assim reduzir as necessidades energéticas de climatização. Quantitativamente, pode-se estimar com recurso ao gráfico psicrométrico de *Givoni*, (60), sem ter em conta o aquecimento ou arrefecimento ativos, os efeitos das mesmas. Neste é apresentada a influência no conforto térmico a cada dia do ano em função da temperatura e humidade relativa do exterior. Aqui, estas medidas são o suficiente para proporcionar conforto térmico interno quando a temperatura do ar exterior se encontra acima dos 13°C (os pontos a verde), o que representa cerca de 60% da total ocupação ao longo do ano. Contudo, para os restantes 40% (os pontos a vermelho), estima-se a necessidade de recurso a sistemas de aquecimento ativo para alcançar a zona de conforto.

4.3.2 CASO B, A HABITAÇÃO DE VILAR MAIOR

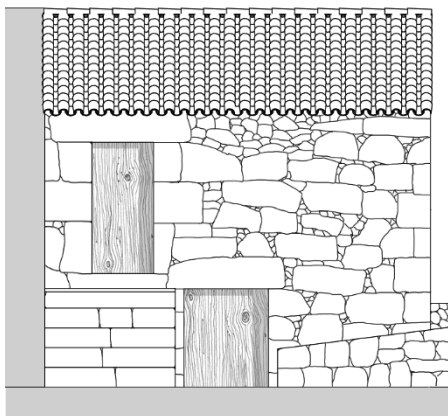
A habitação em análise encontra-se junto à igreja de Santa Maria do Castelo, no centro do povoamento, inserida no aglomerado construído. Composta por dois pisos, de planta retangular, é dividida em espaço de habitação no piso superior e corte para os animais no inferior. Os acessos são também aqui feitos de forma independente pelo exterior, sendo o do piso inferior feito através de um pequeno curral pertencente à habitação, onde se armazenava a lenha. O acesso ao piso superior é feito através de uma escada de pedra, que liga a rua à varanda da casa. De uma singular pedra de granito, esta é aqui partilhada com a habitação vizinha e seria usada como local de sequeiro ou madureiro e nos finais de tarde dos dias quentes de verão, como zona de estar e de convívio.



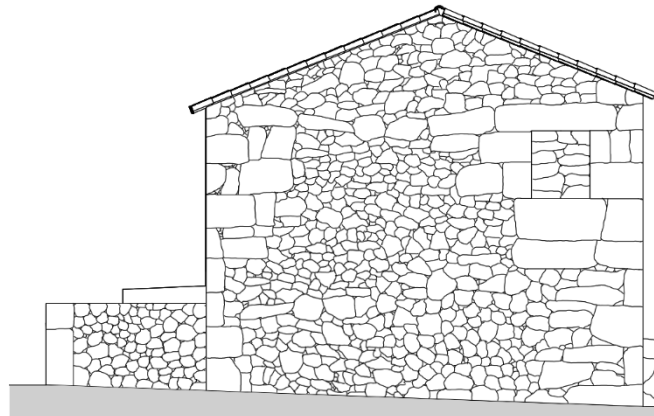
Planta Piso 0



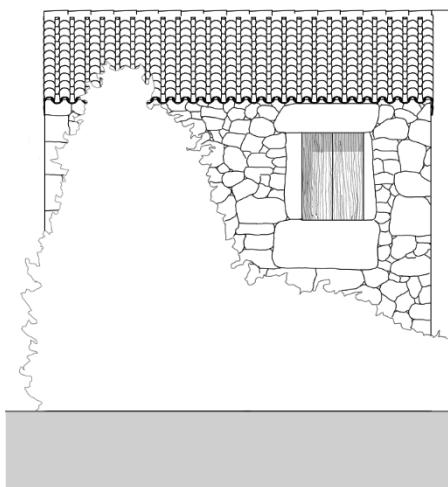
Planta Piso 1



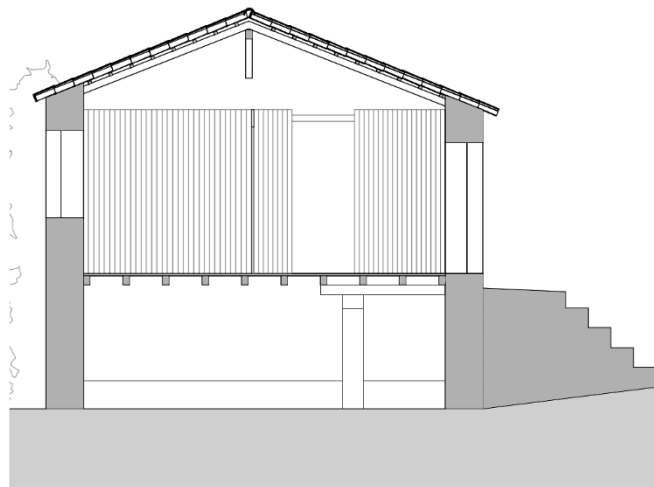
Alçado Frontal



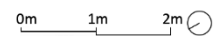
Alçado Lateral



Alçado Traseiro



Corte C



63. Plantas, Corte e Alçados, Caso B

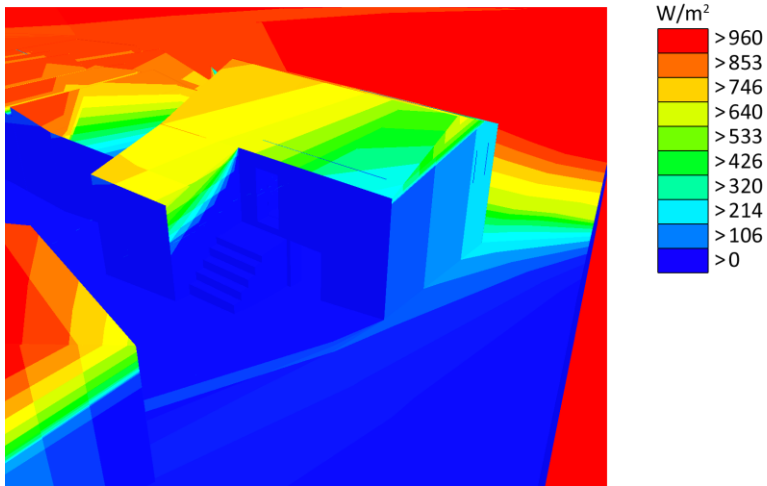
As paredes de granito, também de duplo paramento em alvenaria de pedra seca, apresentam uma envolvente exterior de um aspeto entre o tosco e o cuidado. Com pedras aparentemente mal alinhadas e outras talhadas com uma impressionante precisão, estas revelam uma composição intrigante de um passado histórico agora obliterado.

A cobertura de telha solta de canudo, é segura por pedras ao vigamento estrutural de madeira que apoia diretamente na alvenaria. Sem qualquer proteção interior contra a entrada do vento e do frio pelas juntas das telhas, era por estas que se escoava o fumo do interior. Contudo para tal era necessário recorrer à abertura dos vãos, que à semelhança da Gralheira, são também aqui de dimensões reduzidas para evitar perdas térmicas, aparentando a fachada a sudoeste ter sido provida de um vão que foi posteriormente selado. O vão que foi mantido aberto, orientado a sudeste, por sinal apresenta uma melhor receção da radiação solar e dos ventos de sul. Aqui, usavam-se portadas de madeira, sem vidro, e no acesso principal à habitação uma porta integral e um postigo de meia altura, do qual apenas restam as dobradiças.

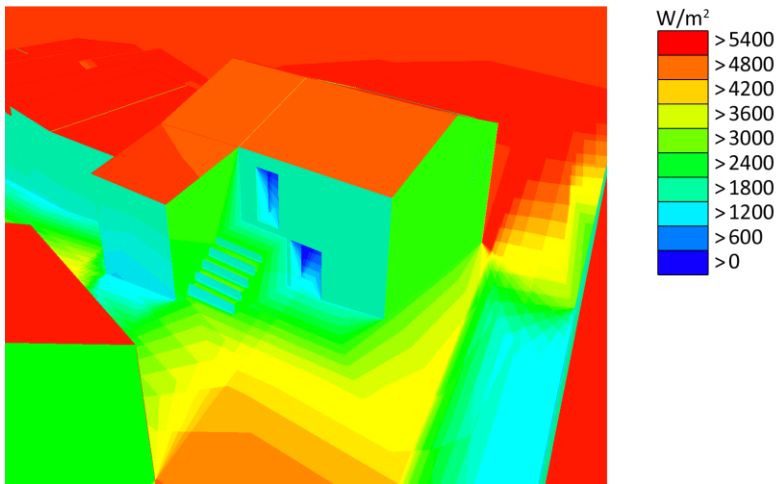
Com uma área interna total de 40,4 m², os interiores, apresentam vestígios de uma divisão interna anterior, possivelmente devido à lei do morgadio referida anteriormente. Possivelmente esta era, em conjunto a habitação adjacente, uma só, uma vez parte da parede divisória entre as duas é feito com um ripado de madeira.

No piso inferior o pé direito é diminuto, de apenas 1,70 metros, reduzindo assim o volume do espaço e conseqüentemente a quantidade de energia requerida para o aquecer. O piso superior, com um pé direito mais confortável, é excecionalmente regular, escuro e sem chaminé, para que o calor se conservasse mais tempo no interior, com paredes barradas e pintadas. Este era dividido em cinco distintas divisões por um ripado de madeira, num espaço de receção, numa sala, cozinha onde se encontrava a lareira, despensa e alcova.

Durante os períodos de maior calor o desocupado piso inferior era também usado para dormir, uma vez o gado dormia na rua e as temperaturas eram mais baixas aqui, sendo comumente usado também para os serões, onde se juntavam amigos e família para convívio e as mulheres para costurar ou fiar o linho, poupando-se luz e lenha.



64. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso B



65. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso B

4.3.3 ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO B

Tal como no primeiro caso, também nesta habitação o aproveitamento solar, é feito de forma deficitária. Uma vez que também não era usado o vidro, o aproveitamento solar era maioritariamente feito através dos vãos opacos e paredes exteriores, cuja espessura do granito cria um atraso na transmissão da temperatura. As portadas seriam usadas sobretudo para ventilação, através da abertura das mesmas, durante o período noturno, altura em que as temperaturas são mais baixas.

Adicionalmente, e em contrassenso, a fachada principal encontra-se orientada a noroeste, pelo que o aproveitamento solar da mesma é muito reduzido. No solstício de inverno, a 21 de dezembro, dia com menor incidência solar com um máximo de 960 W/m^2 , esta concentra-se sobretudo na cobertura e parede virada a sul. O arruamento para o qual se encontra virada a fachada principal e a varanda permanecem em sombra a maior parte do dia, devido aos volumes adjacentes a esta, o que os tornaria muito frios no período de inverno.

No solstício de verão, a 21 de junho, altura em que o Sol incide de um maior ângulo e com mais intensidade, o edifício encontra-se mais exposto à incidência solar, variando esta entre os 1200 W/m^2 e os 5400 W/m^2 . Concentrada uma vez mais sobretudo na cobertura e parede a sul, neste período, para dissipar a energia que se acumula no interior seria necessário recorrer à ventilação natural durante o período noturno, altura em que as temperaturas são menores e a ventilação mais eficaz.

Com recurso ao STE-MONOZONA pode-se estimar que as necessidades nominais de energia útil para aquecimento seriam de $458,57 \text{ Kwh/m}^2$ por ano. Um número não muito menor do que o estimado anteriormente para o caso da Gralheira, onde as temperaturas exteriores eram mais baixas. Isto deve-se em grande parte ao tipo de cobertura, uma vez que as telhas de canudo são uma medida menos eficiente contra as perdas térmicas. Adicionalmente, também aqui, apenas o andar superior era ativamente aquecido, uma vez que o piso inferior era usado para a permanência dos animais, que por si também produziam calor.



66. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso B

Ao contrário do que se regista no caso da Gralheira, este apresenta também no verão necessidades nominais de energia útil para arrefecimento de 5,69 Kwh/m² por ano, o que significa que se não se recorresse ao arrefecimento ativo, as temperaturas poderiam subir, criando desconforto térmico.

À falta de outros recurso, estas necessidades energéticas apenas podiam ser colmatadas com recurso à lareira e à ventilação natural, que segundo, o *Inquérito à Habitação Rural*, se gastava nesta região uma quantidade média de lenha compreendida entre os 2000 kg e 4000 kg por ano.⁶ O equivalente a uma quantidade de energia total compreendida entre os 8 000 e os 16 000 Kwh por ano. (KRAJNC, 2013, p. 23) Estes valores englobam também aqui a energia usada para a confeção dos alimentos, sendo em concordância com as necessidades energéticas estimadas, também menores que no caso da Gralheira.

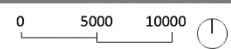
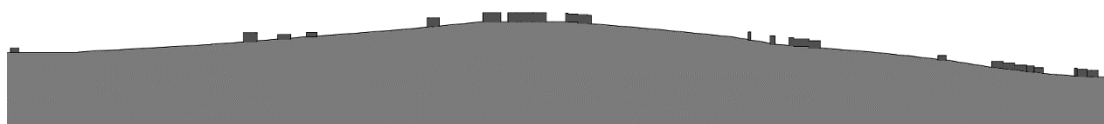
Aqui a habitação tinha também um uso mais intensivo no inverno, altura em que era mais vantajosa a procura por um certo hermetismo desta arquitetura. Também aqui as diminutas aberturas e as espessas paredes de granito atenuam as oscilações das temperaturas exteriores que são mais acentuadas nesta localização. De facto, para uma oscilação de 6,3°C da temperatura exterior, estima-se uma interior muito menor, influenciada neste caso pela maior radiação solar que incide sobre a habitação. Porém, a sensação térmica é de aproximadamente 2°C abaixo da temperatura registada, roçando os valores mínimos do exterior. Assim, neste período, seria imprescindível o recurso à lareira para colmatar estas diferenças.

No verão, verifica-se o inverso, sendo estimada uma maior oscilação das temperaturas, que sobem neste período acima da zona de conforto. Apesar de ser a única estação em que este é ocasionalmente atingido (zona a verde), seria necessário recorrer a sistemas de arrefecimento como a ventilação, uma vez a temperatura média interna, de 29,5°C, é mais elevada que a externa, de 25,8°C. Porém, esta teria também neste período um menor uso, particularmente o andar superior no período noturno pois os habitantes não raras vezes estabeleciam condições para dormirem no andar inferior, por esta altura desocupado, onde as temperaturas são mais baixas.

⁶ Dados de habitações em Fernão Joanes (2000 kg) e Sabugal (4000 kg), in (BASTO & BARROS, 1943, p. 317, 330)



C



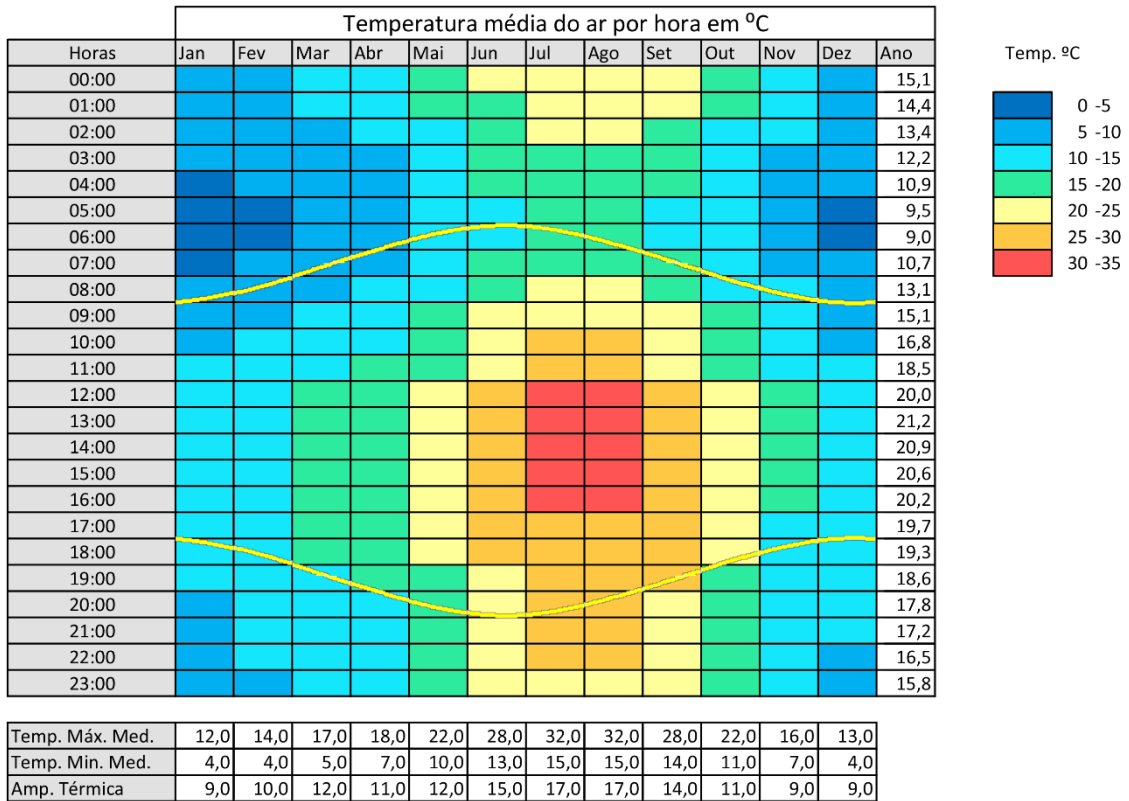
67. Implantação e Perfil C, Malpica

4.4 MALPICA DO TEJO

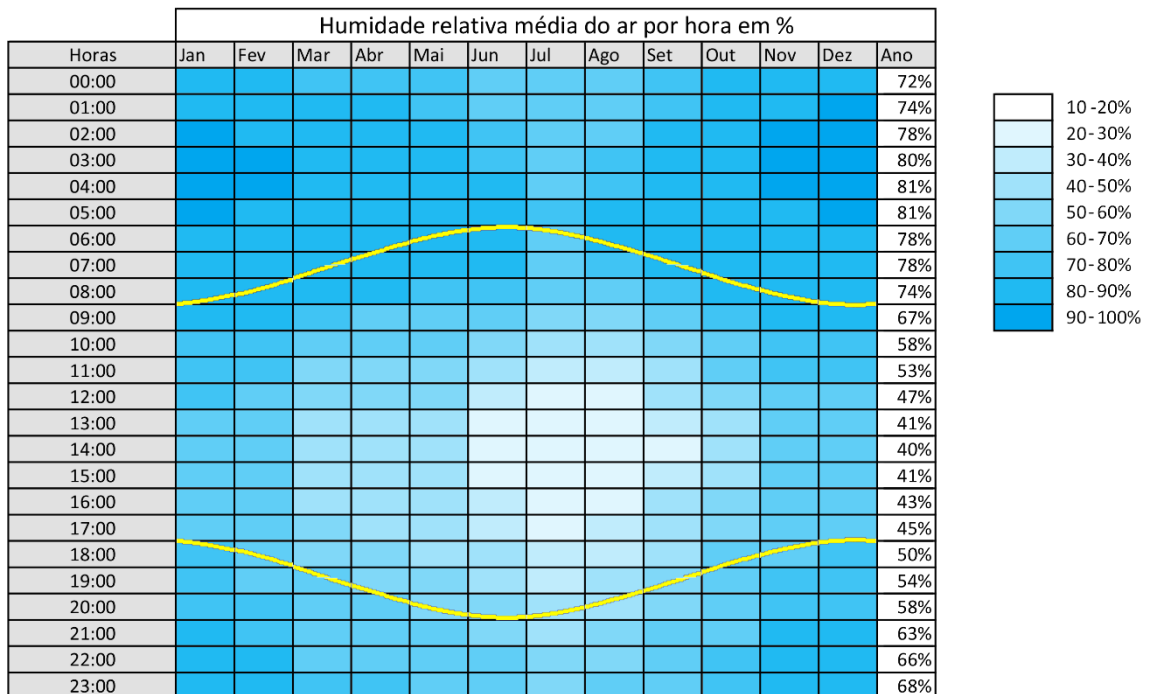
Este povoamento é o que se localiza mais a sul, nas planícies de baixa altitude, perto da fronteira com o Alentejo. Ao contrário dos outros dois casos, Malpica tem a sua implantação na cota mais alta do terreno expandindo-se para sudeste. Apesar de o Tejo passar a poucos quilómetros, no povoamento não passa nenhuma linha de água, recorrendo a população à água das duas fontes que nele existem. Por este motivo não se observam aqui hortas ou nabais nas proximidades do povoamento, encontrando-se estas, quando existentes em reduzidas porções de terreno nas traseiras das habitações.

Também esta povoação apresenta indícios de isolamento, embora, seja também a que tenha maior facilidade económica, devido à produção de azeite e à proximidade com o Tejo e Castelo Branco. (MARTINS, 1986, p. 43) É de salientar também que, embora este seja o caso que apresenta maior população, o estado de conservação das habitações é impressionante, principalmente na zona sul, restringindo-se a construção mais recente mais a norte. No núcleo antigo as ruas são largas e encontravam-se mais limpas, com edifícios alinhados, que a encerram com uma coerência tal, que se torna difícil acreditar que o resultado não partiu de um planeamento prévio. (AMARAL et al., 2004, p. 255) No entanto, apesar da disposição das casas, o povoamento espraia-se na sua implantação em função dos arruamentos, expondo desta forma um maior número de edifícios às influências dos ventos. Isto cria, no entanto, uma desvantagem, aumentando a distância que é preciso percorrer até à fonte. Apesar de a igreja possuir largo, que não é mais que um alargamento da estrada, é onde se situa a fonte velha que encontramos o largo maior, não muito a norte do primeiro, indicando uma forte componente de atividades comunitárias que aqui tinham lugar.

De facto, Malpica tem um momento na História que lhe concede distinção neste âmbito, e que data do início do século XX, quando se deu "*a compra colectiva dos montes a grandes latifundiários e a posterior divisão equitativa das terras pelos camponeses*". (MARTINS, 1986, p. 83). Assim, de forma ordeira e através da cooperação comunitária, os habitantes foram adquirindo as terras que eram postas à venda em redor da povoação, o que impulsionou a prosperidade económica do conjunto.



68. Tabela das temperaturas médias do ar, Castelo Branco

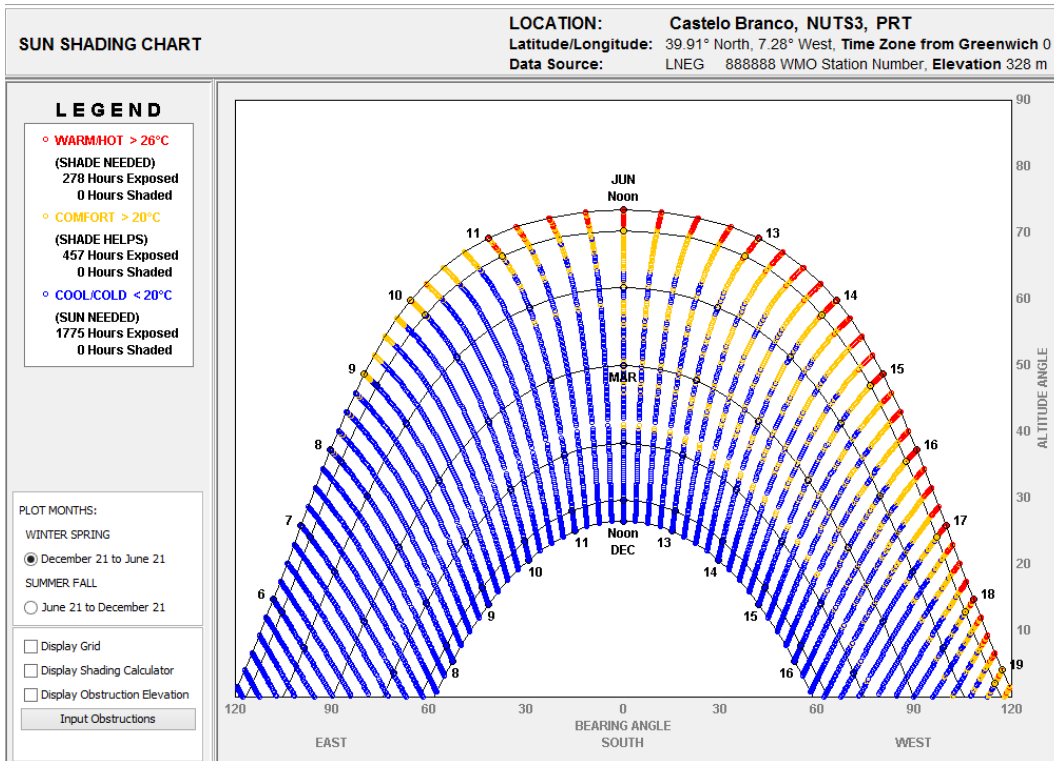


69. Tabela das humidades relativas médias do ar, Castelo Branco

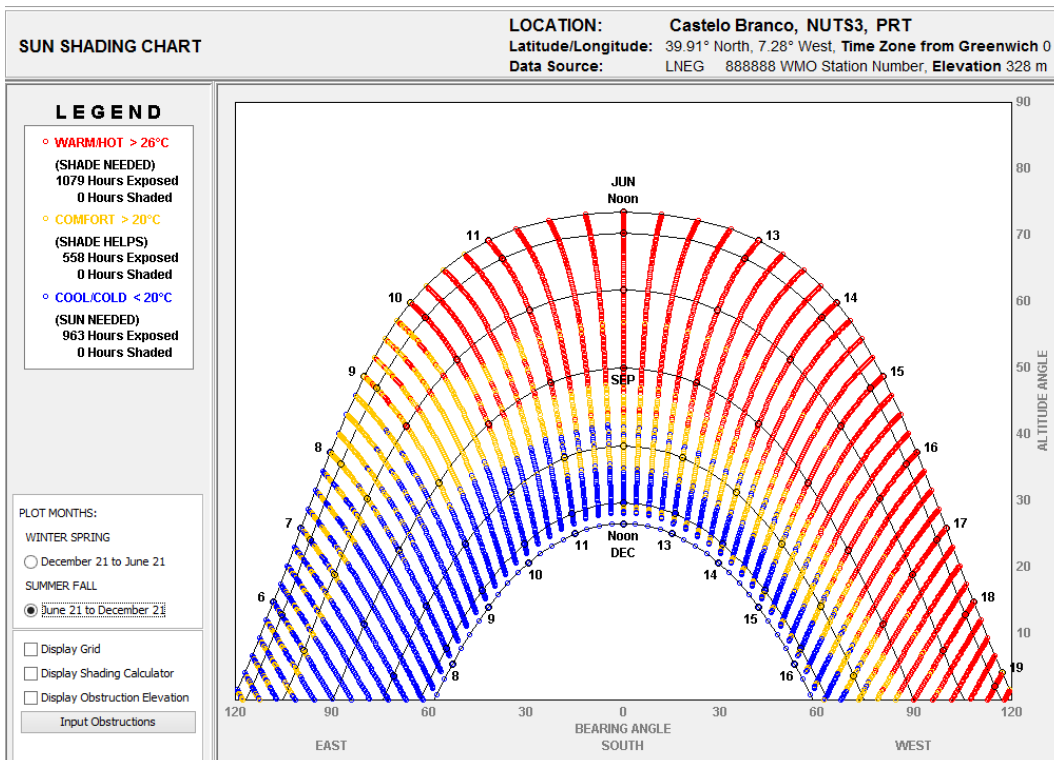
Em relação às temperaturas, aqui registam-se as mais elevadas entre os casos de estudo, chegando nos meses de maior calor, julho e agosto, a atingir uma média de 32°C. Ao contrário dos outros casos, os trabalhos agrícolas concentravam-se nos meses mais frios, de dezembro e princípios de janeiro, quando decorria a época da apanha da azeitona, que dava trabalho aos lagares, chegando a operar incessantemente durante semanas a fio. Apesar destes se encontrarem hoje em reduzido número, noutras épocas encontravam-se em abundância equiparável ao número de azenhas e moinhos do norte da região.

Aqui, o clima é também mais seco e a chuva é escassa. Com menor humidade no ar, as amplitudes térmicas são maiores, chegando a atingir uma média diária de 17°C. Por este motivo, e apesar das temperaturas se registarem aqui mais altas, no período noturno estas descem consideravelmente, sendo nos meses mais frios, frequentes as geadas, ainda que breves. Aqui o período de lavoura não é tão rigoroso como o da Gralheira, contudo, ao contrário do que nesta acontecia, em Malpica as pessoas permaneciam mais tempo nas habitações durante os meses mais quentes.

Segundo os registos do *Inquérito à Arquitectura Popular Portuguesa*, a tipologia da arquitetura de Malpica insere-se na sub-região F, que inclui a zona a sudeste da Beira Baixa junto à fronteira. (AMARAL et al., 2004, p. 255) Nesta, desaparecem as escadas exteriores e as varandas alpendradas, tendo no geral uma feição diferente dos casos anteriores. Aqui o xisto é o material mais comum usado nas paredes, é deixado aparente por fora, exceto em torno dos vãos, que é rebocado e rebordado com cal, ligando-os verticalmente, quando se sobrepõem. (AMARAL et al., 2004, p. 255) A cobertura é também aqui de telha solta de canudo e desprovida de chaminé, contudo, os vãos ganham aqui proporção tornando os interiores caiados mais iluminados. As cozinhas situam-se geralmente no primeiro andar, separadas da sala comum, que fica no rés-do-chão. Outro aspeto de distinção são os edifícios de apoio à habitação, sendo os animais recolhidos em estábulos separados desta. Também nos fins de tarde dos dias mais quentes, as ruas enchiam-se de gente, “*sentada em cadeiras baixas, a aproveitar o fresco, a costurar ou a fiar*”. (AMARAL et al., 2004, p. 255)



70. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Castelo Branco



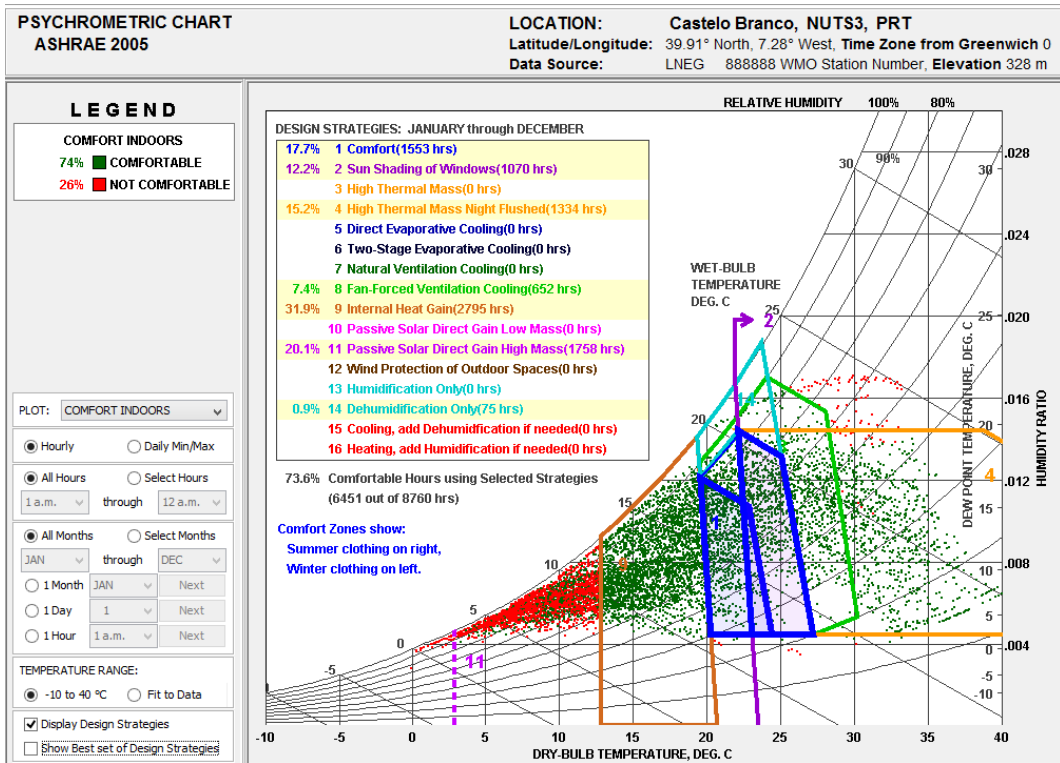
71. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Castelo Branco

4.4.1 PRINCIPIOS DA BIOCLIMÁTICA APLICADOS A MALPICA DO TEJO

Malpica insere-se numa zona climática de inverno I1 e de verão V3, zona que predomina no Alentejo. Aqui é o verão que se apresenta mais exigente, sendo as necessidades energéticas de arrefecimento equiparáveis às de aquecimento. Este é, no entanto, o caso com menores necessidades térmicas de climatização, com um total de 1274 graus-dia. (GONÇALVES & GRAÇA, 2004, p. 17) Em concreto, e segundo os parâmetros do RCCTE, uma habitação inserida neste local não deve exceder as necessidades nominais anuais de energia para aquecimento de 59,43 Kwh/m² e para arrefecimento de 38,30 Kwh/m².

Desta forma, para se conseguir atingir a eficiência energética, o recurso ao sombreamento revela aqui uma importância maior do que em Vilar Maior e na Gralheira. Em função da temperatura média do ar e do percurso aparente do Sol, pode-se determinar que nos meses da estação de aquecimento, de meados de outubro a meados de abril, altura em que a temperatura do ar exterior se encontra abaixo dos 20°C (a azul), é vantajoso o aproveitamento da radiação solar no interior durante todo o período do diurno. Em maio e entre o final de setembro e meados de outubro, altura em que as temperaturas sobem acima dos 20°C (a amarelo), o aproveitamento solar já não é vantajoso, de forma que o sombreamento a partir das 10 horas é aconselhado. No período compreendido entre junho e meados de setembro, altura em que a temperatura do ar exterior sobe acima dos 26°C (a vermelho), a incidência da radiação é bastante alta e, portanto, prejudicial, podendo causar desconforto térmico interior. Desta forma, é crucial o sombreamento dos vãos nos quadrantes sul e oeste durante o período de arrefecimento.

Também para esta localização é recomendável uma elevada inércia térmica nos panos e vãos exteriores, de forma a dificultar que a energia incidente nestes e acumulada no ar chegue ao interior por condução, o que é vantajoso especialmente na época de arrefecimento, quando é necessário manter as temperaturas baixas.



72. Gráfico psicrométrico, Castelo Branco



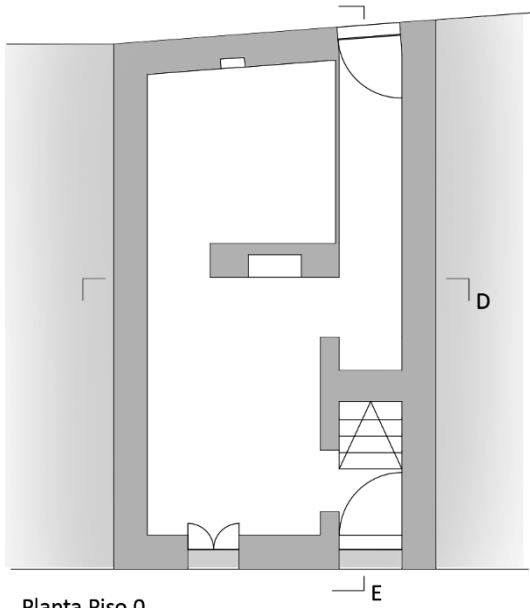
73. Caso C, Habitação, Malpica de Tejo

Para tal é também necessário recorrer à ventilação forçada, especialmente no período noturno, em que as temperaturas são mais baixas e permitem extrair do ar interior a energia acumulada ao longo do dia. Na época de aquecimento, porém, devem ser promovidos os ganhos internos e a ventilação é menos vantajosa, apesar de contribuir para a salubridade interior

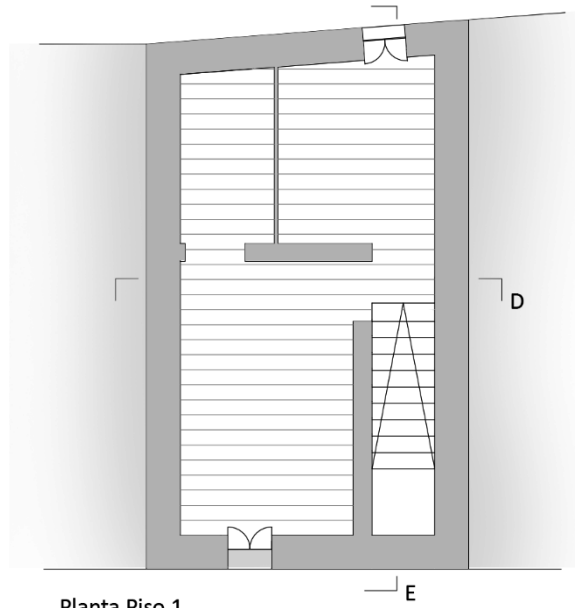
Com a aplicação destas medidas consegue-se reduzir significativamente as necessidades energéticas de climatização. No caso de Malpica existe neste âmbito, uma maior facilidade, uma vez que as temperaturas, apesar das elevadas oscilações, são mais favoráveis. Segundo o gráfico psicrométrico de *Givoni* (71), estima-se atingir o conforto térmico em cerca de 74% do tempo ao longo ano (os pontos a verde), sem recorrer ao aquecimento ou arrefecimento ativos. Contudo, nos restantes 26% dos dias é necessário o recurso aos mesmos.

4.4.2 CASO C, A HABITAÇÃO DE MALPICA DO TEJO

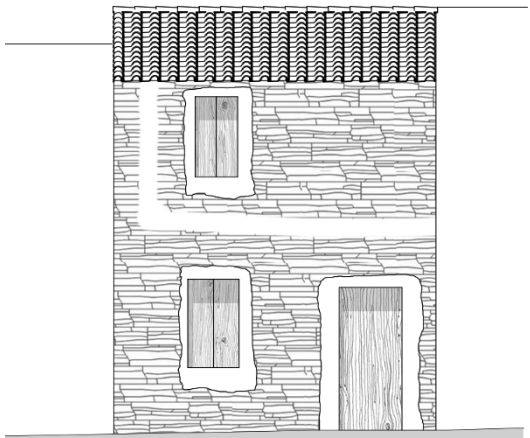
Inserida também no núcleo antigo, numa das ruas que vão dar ao largo da igreja, esta habitação faz parte de um conjunto de casas em que se encostam uma as outras, definindo os limites dos arruamentos e criando uma *rua corredor*, o que facilita o arrefecimento desta através da ventilação, resultante da movimentação do ar para zonas de baixa pressão através da convecção. A tipologia da habitação é também uma das mais comuns no povoamento, de facto, toda a arquitetura vernacular aqui se rege pelas mesmas regras, o que confere ao conjunto uma impressionante coerência. Também aqui esta é de dois pisos, embora ao contrário dos outros dois casos, a área total de 32,76 m² seja aqui usada integralmente para habitação, uma vez que sendo o clima mais quente, não existe a necessidade de coabitar com os animais usados para a lavoura. Por este motivo, aqui não existem acessos independentes a diferentes partes da casa, existe apenas um que dá para a rua. Esta que era nos dias mais quentes usada como uma extensão da própria casa, aproveitando a brisa fresca de final de tarde, traziam-se as cadeiras para o exterior e era onde se trabalhava, se convivia com a vizinhança e por vezes até jantava. Nas traseiras da habitação, hoje inacessível, estaria outrora uma horta para o consumo do dia-a-dia ou uma pocilga.



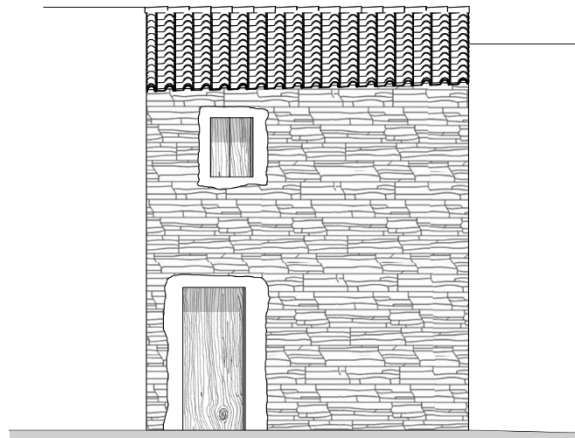
Planta Piso 0



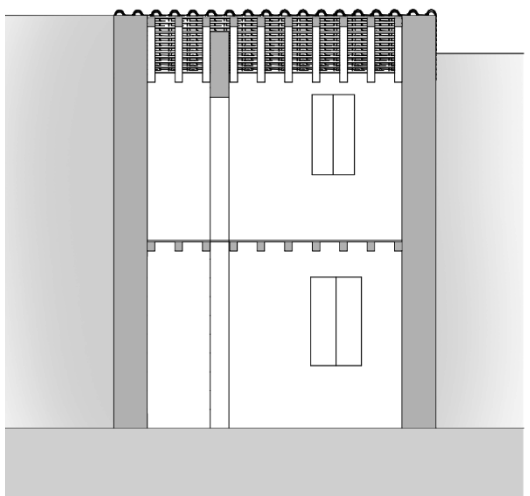
Planta Piso 1



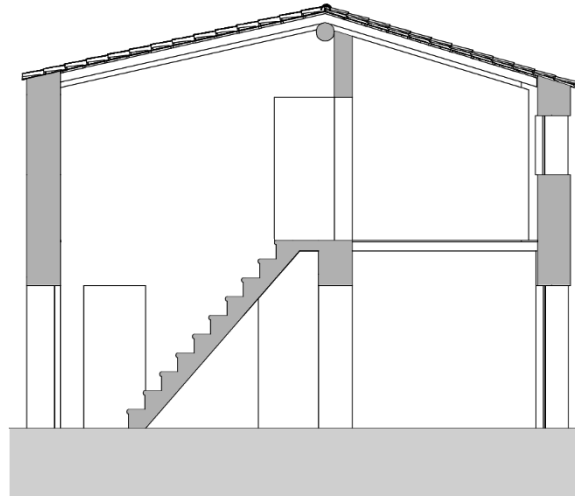
Alçado Frontal



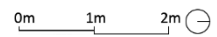
Alçado Traseiro



Corte D



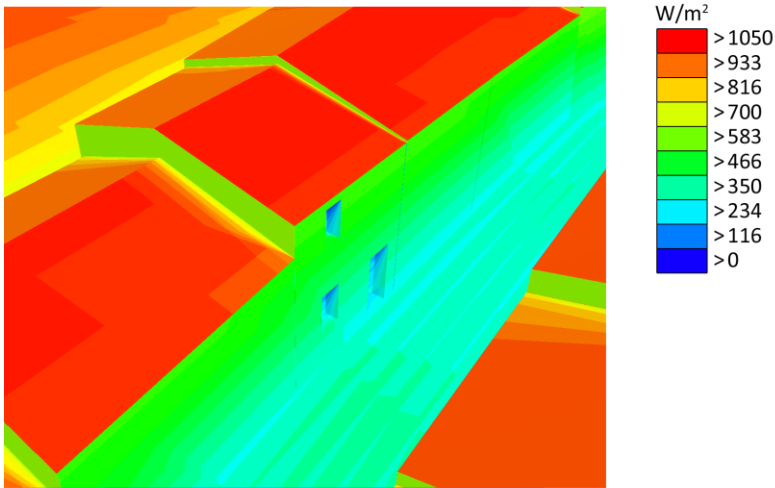
Corte E



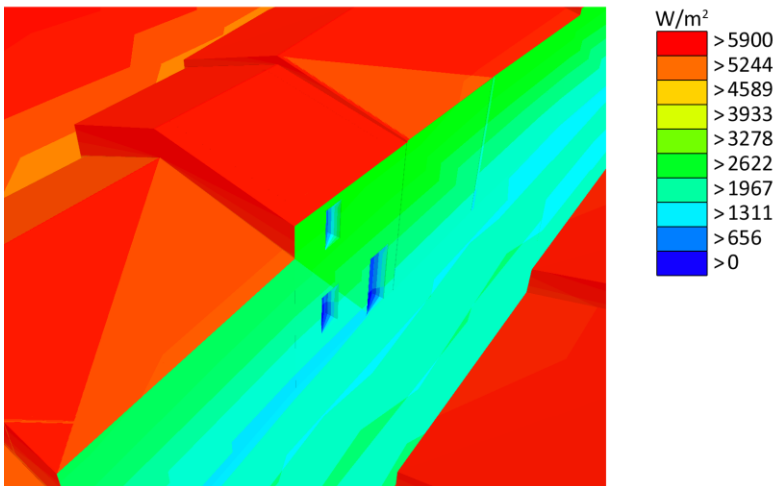
As paredes são de xisto em alvenaria de pedra seca, apesar de apresentarem também uma inércia térmica forte, têm uma capacidade de retenção térmica menor que o granito. Contudo, a partilha das paredes com as habitações vizinhas, contribui para uma maior estabilidade térmica, permitindo ao mesmo tempo poupar recursos na construção.

No exterior a pedra é deixada à vista, exceto em torno dos vãos que se encontram caiados, o que permite maximizar a entrada de luz difusa no interior, o oposto do que se verifica na casa alentejana, em que as paredes são caiadas de branco e em torno dos vãos é pintado com uma cor mais escura. Estes aumentam aqui em proporção e número, em relação aos outros casos analisados, permitindo um melhor aproveitamento da radiação solar e realizar uma melhor ventilação. De facto, a posição dos vãos em fachadas opostas, permite otimizar a mesma através da abertura das portadas, que também aqui substituem o vidro.

Os interiores encontram-se aqui mais compartimentados, em taipa no andar superior e em alvenaria de pedra no andar inferior, barrados e caiados apresentam-se mais lisos e uniformes que as paredes interiores dos casos anteriores, sendo o chão também liso, cor de palha. O piso superior, assente sobre um vigamento de madeira, era onde se passava o dia-a-dia mais privado da casa. Aqui encontrava-se a cozinha, onde a lareira era feita por cima do soalho sobre uma estrutura de xisto incrustada no nivelamento e que hoje já não existe, sendo poucos os vestígios que dela restam. Uma vez que o calor tem tendência a subir, a alocação dela aqui reduz a quantidade de energia que se iria propagar pela casa, sendo o fumo mais facilmente evacuado pelas janelas e juntas da cobertura. Esta de telha solta de canudo, sem qualquer proteção interior contra a entrada do vento, à semelhança do que observámos em Vilar Maior. No piso de baixo a sala comum ou de receção, era a divisão mais aprumada, com uma janela que dá para a rua e acesso junto à entrada. Esta seria também a divisão mais pública da casa, onde se recebiam visitas e as pessoas que em tempos de colheitas assistiam os moradores. Aqui uma cantareira embutida na parede, sem rigidez geométrica, usa placas de xisto caiadas como prateleiras, onde eram expostas as rendas e a louça decorativa. (MARTINS, 1986, p. 387) Junto a esta divisão encontra-se o que seria uma alcova, uma vez que é a zona mais fresca da casa, localizada no primeiro piso, distante da lareira, seria por isso, o local mais apropriado para dormir nas noites quentes de verão.



75. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso C



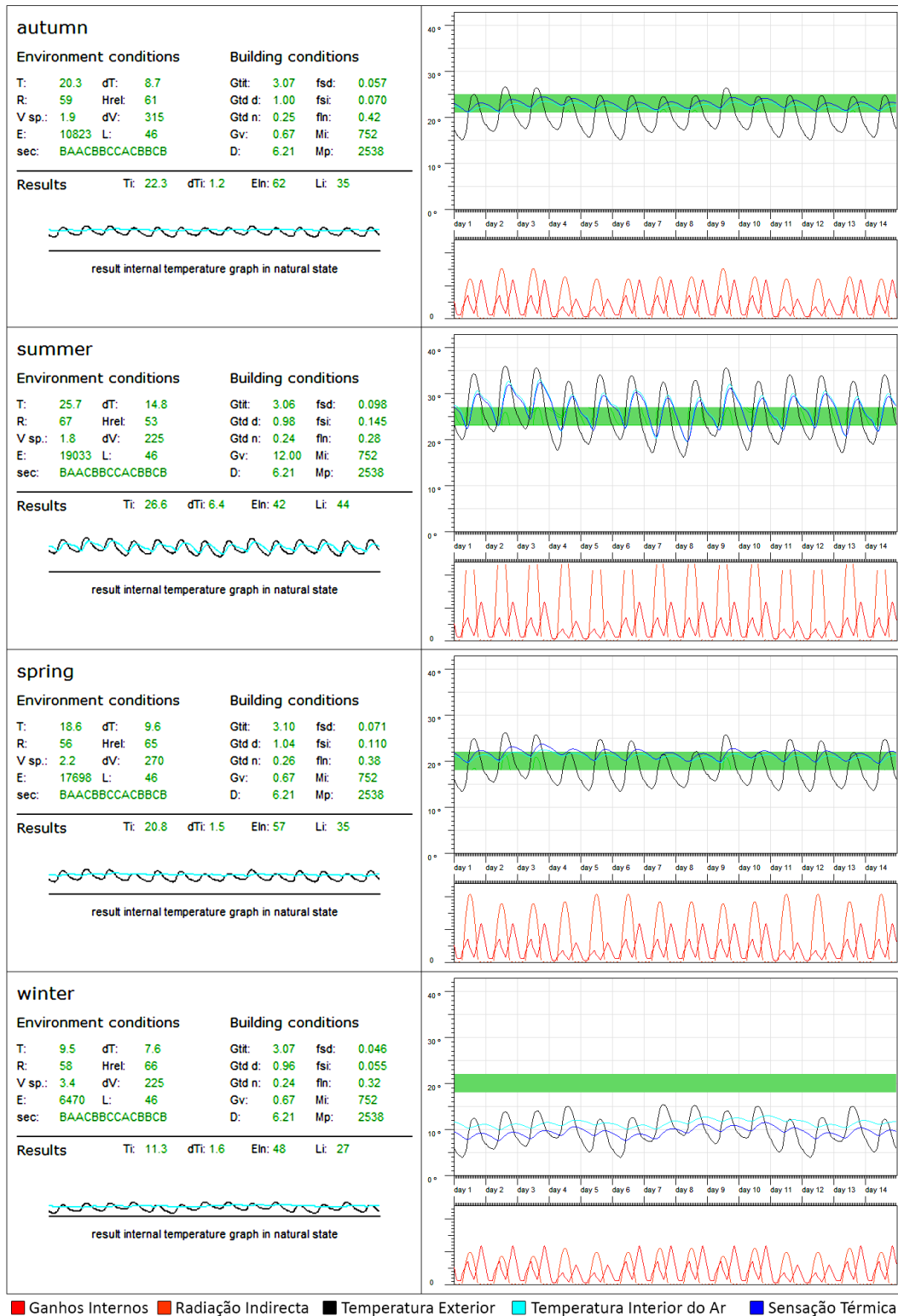
76. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso C

4.4.3 ANÁLISE BIOCLIMÁTICA DO CASO C

Também neste caso se pode observar que as medidas que foram adotadas na arquitetura vernacular divergem das que são preconizadas pela bioclimática para este tipo de clima. À semelhança dos outros casos, também aqui as portadas que se usavam em lugar do vidro, seriam ocasionalmente abertas para o aproveitamento solar nas épocas mais quentes do dia, quando este era soalheiro no inverno, e para ventilação horizontal, durante os períodos noturnos de verão. Contudo, os ganhos térmicos na estação de aquecimento continuam a ser realizados maioritariamente através dos vãos opacos e paredes que, com uma considerável espessura do xisto, armazenavam o calor durante o dia e libertavam-no durante a noite. Isto constitui uma vantagem na estação de aquecimento e uma desvantagem na de arrefecimento dada a necessidade de evacuar o calor no período noturno.

A incidência solar aqui, é em termos gerais, tanto na habitação como na rua em que se insere, bastante proporcional ao longo do ano. Embora a radiação se concentre sobretudo na cobertura, o maciço favorece uma incidência significativamente menor no arruamento, o que o torna mais fresco. No solstício de inverno, a 21 de dezembro, as temperaturas são bastante baixas, contudo, a energia incidente na habitação, compreendida entre os 466 W/m² e os 1050 W/m², é feita sobretudo através dos panos e vãos opacos exteriores. No solstício de verão, altura em que o Sol incide com mais intensidade, o edifício encontra-se exposto a uma radiação compreendida entre os 2622 W/m² e os 5900 W/m², energia que as paredes de xisto acumulavam ao longo do dia.

A energia solar absorvida pela habitação, porém, não era suficiente para colmatar as necessidades energéticas da habitação, tendo que a família recorrer ao calor da lareira nos dias de maior frio. Com recurso ao STE-MONOZONA pode-se estimar que estas necessidades nominais de energia útil para aquecimento seriam de 280,27 Kwh/m² por ano, uma quantidade significativamente menor que nos outros casos. Porém, este apresenta também necessidades nominais de energia útil para arrefecimento, são aqui de 50,03 Kwh/m² por ano, embora sejam mais elevadas, apenas se podia recorrer à ventilação natural para o efeito.



77. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso C

Segundo o *Inquérito à Habitação Rural*, gastava-se em média nesta zona entre 1200 e 2000 kg por ano de lenha, de azinho, sobro e esteva que, no caso de Malpica, era fornecida gratuitamente à família em registo e consumida em casa durante todo o ano, para aquecimento e para cozinhar.⁷ O equivalente a uma quantidade de energia compreendida entre os 5000 Kwh e os 8000 Kwh por ano. (KRAJNC, 2013, p. 23)

Estes gastos podem ser entendidos na sua aplicação através da simulação do comportamento térmico da habitação para as diferentes estações do ano. Aqui pode-se verificar que a inércia das paredes de xisto, atenuam as amplitudes térmicas exteriores, embora não de forma tão eficiente quanto a observada nos outros dois casos. No inverno isto não aparenta constituir um problema, uma vez que a energia acumulada pelas paredes permite que a habitação se encontre cerca de 1,8 °C acima das temperaturas exteriores, podendo a diferença ser facilmente colmatada pela lareira.

Na estação da primavera o comportamento é muito semelhante ao outono, altura em que na habitação se consegue atingir a zona de conforto térmico (a verde), sem recorrer a medidas de aquecimento ou arrefecimento ativos.

No período de verão as condições são as mais adversas, registando-se maiores oscilações térmicas ao longo do dia, o que se reflete na desestabilização das temperaturas interiores que podem variar cerca de 6,4°C. Em adição às temperaturas elevadas que se fazem sentir nesta estação, a elevada radiação incidente era acumulada durante o dia. Na cobertura, esta impedia a evacuação do calor, apesar da permeabilidade desta aos ventos. Desta forma, fica claro que o recurso à ventilação noturna era absolutamente necessário, aproveitando as horas de menor calor poder-se-ia dissipar a energia que se acumulava no interior durante o dia. Contudo, mesmo com esta solução o período de verão revela-se aqui bastante desconfortável, levando os habitantes a adotar o sistema da sesta, que era aqui hábito frequente. Para tal era usada a alcova do andar inferior, que se encontrava mais fresca, permitindo este comportamento reduzir o metabolismo das pessoas nas horas de maior calor, reduzindo conseqüentemente os efeitos deste.

⁷ Dados de habitações em Sarnadas do Rodão (1200 kg de lenha e 20 kg de carvão) e Idanha a nova (2000 kg), in (BASTO & BARROS, 1943, p. 406, 429, 436)

CONCLUSÕES

A procura pelo entendimento da eficiência da arquitetura vernacular partiu de uma compreensão do território e condicionantes ambientais que a influenciam. O reconhecimento deste território dotado de uma grande variedade de paisagens, em que o clima é um dos principais protagonistas, na relação com a arquitetura e que se manifesta nas diferentes feições. *“Uma arquitectura do povo, feita pelo povo, em que há uma ligação tradicional e herdada entre o homem e o meio e que continua a ser relevante nos dias de hoje”*. (ROSETA, 2004, p. VII)

Com base nesta abordagem, esta análise procura entender o processo de desenvolvimento e utilização das habitações, que se enquadram num âmbito completamente diferente daquele que hoje rege a arquitetura, em que o contexto das exigências é maior. Na vernacular, além das soluções presentes nos edifícios era exigido um considerável condicionamento dos modos de vida por parte dos habitantes. Não obstante, são estas soluções que estão na base da arquitetura bioclimática e permitem, apesar das imposições de ordem técnica, climatérica e económica, reduzir as necessidades energéticas para climatização. A adaptação da forma dos edifícios e a escolha dos materiais que a envolvente providenciava, eram essenciais para atenuar os efeitos do clima sobre as habitações. Pelo carácter predominantemente agrícola e a estrita economia de soluções, estas criavam uma relação estreita e coerente com a paisagem.

Neste âmbito, a caracterização do meio físico e clima do território da Beira Alta e Beira Baixa, permitem estabelecer uma relação com as motivações que levaram as pessoas a adotar certas soluções. Através deste enquadramento, foi possível relacionar cada zona com as condicionantes ambientais específicas, com a tipologia da arquitetura nelas presente. Assim, a diferença entre estas últimas, em função do contexto histórico, foram a base da seleção dos povoamentos analisados, cujas características distintas permitiram estabelecer uma análise comparativa de integração num território comum.

Através da caracterização da organização e estruturação dos povoados, foi possível perceber o enquadramento do tipo de habitação no conjunto e o tipo de relações que estabeleciam com o edificado. Para tal foi necessário recorrer à informação documentada em confronto com a pesquisa de campo e o conhecimento popular, de forma a consolidar o entendimento sobre as soluções adotadas e poder estabelecer uma comparação entre os princípios presentes na bioclimática com o que era espectável do desempenho de um edifício energeticamente eficiente para a mesma localização.

Embora a aplicação destas soluções seja hoje impraticável, estas mostram uma diferente abordagem a semelhantes problemas. Apesar de no período de inverno se terem estimado, nos três casos, períodos de desconforto térmico, este era atenuado através de medidas de aquecimento ativo, a lareira. Para reduzir os gastos de lenha observa-se a procura por uma forte inércia térmica das envolventes, de forma a diminuir as oscilações térmicas interiores. Outro aspeto a acentuar, é a procura pelo hermetismo das habitações, especialmente nos casos em que as temperaturas são mais baixas, assistindo-se a um maior predomínio das paredes sobre vãos no caso da Gralheira. Apesar de todas as condicionantes, as habitações analisadas revelam gastos energéticos próximos dos que são espectáveis num edifício eficiente.

Em relação à forma de uso, as diferenças são evidentes. Na Gralheira e Vilar Maior, a ocupação é mais compacta, em coabitação com os animais domésticos. Assume-se uma distanciação com o solo e o ambiente exterior. Este fenómeno é mais acentuado na primeira que na segunda, pois enquanto que, em Vilar Maior a varanda seria usada ocasionalmente como zona de estar, convívio e lavoura, na Gralheira esta apresenta o espaço estritamente necessário ao acesso. Mesmo nas de maior dimensão, registadas, estas eram usadas apenas para arrumos. Em Malpica, os animais são mantidos à parte da habitação, que é aqui usada integralmente pelos ocupantes. A varanda desaparece, sendo a própria rua usada como uma extensão da casa. Estima-se também que neste caso a ventilação detinha uma importância muito superior à dos outros dois casos, pois a dimensão dos vãos é consideravelmente superior, um fenómeno que ainda hoje se pode observar na construção atual em Mérida.

As estratégias analisadas na arquitetura vernacular, no âmbito das que encontramos na bioclimática, apesar de terem objetivos a atingir bastante semelhantes, os resultados aplicáveis são, de grosso modo, diferentes. O que não se revela surpreendente, uma vez que o contexto e as exigências de aplicação são também distintos. Contudo, esta metodologia de análise demonstrou-se proveitosa, permitindo-me ter uma perceção do desenvolvimento de uma arquitetura eficiente que vai além da aplicação dos princípios da bioclimática, abrangendo, sob um novo ponto de vista, a relação que as pessoas mantêm com um edifício, e que este mantem com a paisagem em que se insere.

Embora o trabalho aqui realizado não registe todas as tipologias presentes na Beira, nem a integral demonstração da importância desta arquitetura que vai além dos aspetos energéticos, espero contribuir para o testemunho da preservação deste património que compila as transformações necessárias de uma continua adaptação ao longo de vários séculos. Porque com a perda deste e do seu significado, perde-se também um pouco do nosso património comum. Neste âmbito, o estudo revelou-se significativo no registo desta arquitetura, que tem sofrido alterações fundamentais nos últimos anos, e na preservação do conhecimento sobre a mesma, uma vez que são cada vez menos as pessoas que a vivenciaram no contexto em que foram desenvolvidas. Pretendendo aqui difundir a informação obtida através dos resultados da metodologia aplicada, esta visa ser um complemento aos restantes registos e incentivar o alargamento do estudo deste tema a outras tipologias da arquitetura vernacular. Com uma abordagem sob um outro ponto de vista, a investigação visa promover, e talvez enriquecer, o conhecimento neste campo. Adicionalmente, não posso deixar de referir, que tentar proteger este património através da estagnação em projetos anacrónicos, revelaria um total desconhecimento do seu significado e apenas contribuiria para o seu oblívio, por não permitir que se adapte e responda a novas necessidades.

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, Keil et al. (2004). *Arquitectura Popular em Portugal* (4ª). Lisboa: Ordem dos Arquitectos.

Archisun 3.0. Obtido 2 de Julho de 2017, de
<http://www.spanto.com/Project/63/Archisun>

ASCENSO, R. (2012). O que vai mudar com os NZEB? *Tema De Capa*, 7–14.

BASTO, E. A. L., & BARROS, H. (1943). *Inquérito à Habitação Rural*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.

BRITO, B. de. (1597). *Geographia antiga de Lusytania*. Alcobaça: Alcobaça, Antonio Álvares.

CAPELA, J. V. (2010). *As freguesias do Distrito de Viseu nas Memórias Paroquiais de 1758 : Memórias, História e Património*. Braga: Minhografe.

CAPELA, J. V. (2013). *As freguesias do Distrito da Guarda nas Memórias Paroquiais de 1758 : Memórias, História e Património*. Braga: Minhografe.

CE (Comissão Europeia). (2017). *Economic Impacts of the Construction Products Regulation Final report*. Belgica: União Europeia.

CER (Comissão de Estatística Rural). (1868). *Memoria sobre a população e a agricultura de Portugal desde a fundação da monarchia até 1865*. Lisboa: Imprensa Nacional.

D'ARMAS, Duarte, (1510). *Livro de Fortalezas*.

DARWIN, Charles. (2003). *A Origem das Espécies*. Porto: Lello & Irmão Editores.

DAVEAU, S. (1988). Progressos Recentes no Conhecimento da Evolução Holocénica da Cobertura Vegetal, em Portugal e nas Regiões Vizinhas. *Finisterra*, Vol. 23(45), 101/115.

- DIAS, M. S. (1996). *Vilar Maior História, Monumentos e Lendas*. (Edição do autor, Ed.). Guarda.
- EUROSTAT, S. E. (2016). Waste statistics. Obtido 4 de Maio de 2017, de http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics
- FATHY, H. (1986). *Natural Energy and Vernacular Architecture*. Chicago: The University of Chicago Press.
- FATHY, H. (2009). *Arquitetura para os Pobres, Uma experiência no Egito rural*. Lisboa: Offsetmais Artes Gráficas, S.A.
- FLETCHER, B. (1931). *A history of architecture on the comparative method* (5^o ed.). Londres: Batsford.
- FORJAZ, J. de M. P. (1816). Historia e memorias da Academia R. das Sciencias de Lisboa. Em *Tomo IV* (pp. 7–18). Lisboa: Academia R. das Sciencias de Lisboa.
- GIRÃO, A. de A. (1933). *Esbôço duma carta regional de Portugal* (2^o ed.). Coimbra: Imprensa da Universidade.
- GIRÃO, A. de A. (1951). *Divisão da propriedade rústica : 1950 : notícia explicativa*. Coimbra: Centro de Estudos Geográficos da F.Letras.
- GIVONI, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Nova Iorque: John Wiley & Sons.
- GONÇALVES, H., & GRAÇA, J. M. (2004). *Conceitos bioclimáticos para os edificios em Portugal*.
- IPMA. (s. d.). Normais Climatológicas. Obtido 17 de Janeiro de 2017, de <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- KRAJNC, N. (2013). Wood Fuels Handbook. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

- LUSA. (2010). Estudo fala de falta de isolamento das casas. Obtido 21 de Fevereiro de 2017, de <https://www.publico.pt/2010/02/15/sociedade/noticia/portugal-e-um-dos-paises-da-ue-onde-mais-se-morre-de-frio-1422856>
- MARTINS, A. F. (1940). *O esforço do Homem na Bacia do Mondego*. (A. F. Martins, Ed.). Coimbra.
- MARTINS, M. A. de M. (1986). *Malpica do Tejo, Terra Pobre, Povo Nobre*. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.
- MONTANER, J. M. (2001). *Depois do movimento moderno.: Arquitetura da metade do século xx*. (S. L. Editorial Gustavo Gili, Ed.). Barcelona.
- NUNES, A. L. P. (1998). Os castelos medievais de Riba Côa. Em *O Tratado de Alcanices e a importância histórica das terras de Riba Côa: actas do Congresso Histórico Luso-Espanhol* (pp. 247–258). Lisboa: Universidade Católica.
- OLGYAY, V. (1998). *Arquitectura y Clima - Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- OLIVEIRA, E. V., & GALHANO, F. (1992). *Arquitectura tradicional portuguesa*. Lisboa: Publicações D. Quixote.
- OLIVER, P. (1997). *Encyclopedia of vernacular architecture of the world*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RIBEIRO, O. (1949). *O fosso do médio Zêzere*. Lisboa: Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- RIBEIRO, O. (1987). *Introdução ao estudo da geografia regional*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- RIBEIRO, O. (1991). Opúsculos geográficos: O Mundo Rural. Em 4^o (p. 430). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

- RIBEIRO, O. (1995). Opúsculos geográficos: Estudos regionais. Em *vol. 6* (p. 497). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- RUDOLFSKY, B. (1970). Architecture without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture. *Art Education*, 23(7), 71.
- SAAVEDRA, F. (1813). Memoria sôbre a Navegação do Têjo. *Jornal de Coimbra*, IV(art. X), 86–91.
- SERRA, R., & COCH, H. (1995). *Arquitectura y energía natural*. (U. P. de Catalunya, Ed.). Barcelona.
- SHAH, S. (2004). *Crude: the story of oil*. Nova Iorque: Seven Stories Press.
- SILVESTRE, C. de O. (1983). *Gralheira de Montemuro*. (Edição do Autor, Ed.). Obtido 17 de Fevereiro de 2017, de <http://www.gralheira.net/livro/construcao.htm>
- Solar Energy Analysis. (s. d.). Obtido 27 de Maio de 2017, de <http://deltacodes.pl//pl>
- STE-MONOZONA - Software para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios. Obtido 10 de Junho de 2017, de <http://www.lneg.pt/servicos/35/>
- SULLIVAN, L. H. (1947). *Kindergarten chats and other writings*. (R. B. Ltd, Ed.).
- TORGA, M. (1950). *Portugal*. Coimbra: Gráfica de Coimbra.
- THOMSON, H., & PETTICREW, M. (2005). Is housing improvement a potential health improvement strategy? ... *Office for Europe's Health Evidence Network (HEN)*, (February), 27. Obtido 3 de Março de 2017 de <http://www.euro.who.int/Document/E85725.pdf>
- UE (União Europeia). (2008). Diretiva 2008/98/UE do Parlamento Europeu e do conselho de 22 de Novembro de 2008. *Jornal Oficial da União Europeia*, (312), 3–30.

UE (União Europeia). (2010). Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do conselho de 19 de Maio de 2010. *Jornal Oficial da União Europeia*, (153), 13–35.

UE (União Europeia). (2012). Directiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do conselho de 25 de Outubro de 2012. *Jornal Oficial da União Europeia*, (315), 1–56.

VIEIRA, A. S. (1997). Arquitectura e transformação. *Arquitectura do sec XX: Portugal*, (97), 352.

VITRÚVIO, M. (1914). *The Ten Books On Architecture*. Harvard: Harvard university press.

WASSOUF, M. (2014). *Da casa passiva à norma Passivhaus*. (Gustavo Gili, Ed.). Barcelona.

ÍNDICE DE IMAGENS

1. Casas de tufos, Islândia 28
<http://scribol.com/art-and-design/architecture-art-and-design/icelands-historic-turf-houses-the-eco-homes-of-the-future/>
2. *Yurt* Mongol 28
<http://www.safecom.org.au/yurts.htm>
3. *Malqaf*, torre de vento, Irão 30
<https://www.quora.com/Iran-What-are-some-TL-DRs-of-the-various-provinces-of-Iran>
4. *Batak Toba*, Indonésia 30
<http://www.wallswithstories.com/uncategorized/jabu-the-traditional-house-of-the-batak-toba-people-in-indonesia.html>
5. Templo *Shinmei-zukuri*, Japão 32
<http://www.aisf.or.jp/~jaanus/deta/s/shinmeizukuri.htm>
6. Ilhas Cíclades, Grécia 32
<https://sailingheaven.com/greek-islands/santorini/>
7. *Iquitos*, Perú 34
<https://www.flickr.com/photos/nicolasduval/5230333774>
8. Ponte em *Meghalaya*, Índia 38
<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2035520/Meghalaya-villagers-create-living-bridges-training-roots-river.html>

9. Capadócia, Turquia	38
https://duvarkagidibilal.wordpress.com/2014/01/26/nevsehirden-manzaralar-ozel-baski-duvar-kagidi/	
10. Projeto de Hassan Fathy, Nova Gourná	40
http://whc.unesco.org/en/activities/637/	
11. Zonas Climáticas de Portugal	58
LNEG, Climatologia e Anos Meteorológicos de Referência para o Sistema Nacional de Certificação de Edifícios, 2013	
12. Habitação de Malpica em 1950 e 2017	60
AMARAL, Keil, et al., <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 247 e fotografia do autor	
13. Mapa da altimetria da região	62
Adaptação de http://solargis.info/imaps/	
14. Mapa hidrográfico da região	64
Adaptação de http://dev.igeo.pt/atlas/Cap1/Cap1d_5.html	
15. Mapa da litologia da região	66
Adaptação de http://geoportal.lneg.pt/geoportal/mapas/index.html?s	
16. Carta Agrícola e Florestal da região, 1958	68
Adaptação da Carta Agrícola e Florestal da região, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, 1958	
17. Materiais correntes de construção	70
Adaptação de Materiais correntes de construção de AMARAL, Keil, et al., <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 268	

18. Temperaturas médias máximas da região	72
Adaptação de http://portaldoclima.pt/pt/#	
19. Temperaturas médias mínimas da região	72
Adaptação de http://portaldoclima.pt/pt/#	
20. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Gralheira	74
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
21. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Vilar Maior	74
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
22. Gráfico dos valores médios anuais das temperaturas, Malpica	74
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
23. Precipitação média acumulada para a região	76
Adaptação de http://portaldoclima.pt/pt/#	
24. Gráfico de precipitação anual por mês, Gralheira	76
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
25. Gráfico de precipitação anual por mês, Vilar Maior	76
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
26. Gráfico de precipitação anual por mês, Malpica	76
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
27. Isolação Global Horizontal Anual para a região	78
Adaptação de http://solargis.info/imaps/	

28. Gráfico de Insolação anual por mês, Gralheira	78
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
29. Gráfico de Insolação anual por mês, Vilar Maior	78
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
30. Gráfico de Insolação anual por mês, Malpica	78
Adaptação da informação gerada pelo software Climas SCE 1.05	
31. Mapa da influência do vento na região	80
Adaptação de http://www.Ineg.pt/servicos/329/2264/	
32. Gralheira, 1950	82
AMARAL, Keil, et al., <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 237	
33. Serra de Montemuro, 1960	82
http://arturpastor.tumblr.com/image/99935475609	
34. Castelo de Vilar Maior, Duarte d'Armas, 1510	84
ARMAS, Duarte de, <i>Fronreira de Portugal fortificada pellos reys deste Reyno</i> , 1642, p. 117	
35. Castelo de Vilar Maior, 2012	84
António Cunha, 2012, http://www.cienciaviva.pt/veraocv/2012/galeria/?id_accas=4702	
36. Tipos de povoamento da região	86
Adaptação de Tipos de povoamento de AMARAL, Keil, [et al.], <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 262	
37. Economia Agrícola da região	88
Adaptação de Tipos de povoamento de AMARAL, Keil, [et al.], <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 262	

38. Número de prédios rústicos por concelho em 1870	90
Adaptação de GIRAO, A. de Amorim, <i>Divisão da Propriedade Rústica</i> , Coimbra, 1950	
39. Número de prédios rústicos por concelho em 1950	90
Adaptação de GIRAO, A. de Amorim, <i>Divisão da Propriedade Rústica</i> , Coimbra, 1950	
40. Evolução da população da Gralheira	94
Tabela do Autor com base na informação do INE	
41. Evolução da população de Vilar Maior	94
Tabela do Autor com base na informação do INE	
42. Evolução da população de Malpica	94
Tabela do Autor com base na informação do INE	
43. Mapa tipológico da região	96
AMARAL, Keil, et al., <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 258	
44. Implantação e Perfil A, Gralheira	100
Desenho do autor	
45. Tabela das temperaturas médias do ar, Cinfães	102
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	
46. Tabela das humidades relativas médias do ar, Cinfães	102
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	
47. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Cinfães	104
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	

48. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Cinfães	104
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
49. Gráfico psicrométrico, Cinfães	106
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
50. Caso A, Habitação, Gralheira	106
Fotografia do autor	
51. Planta, Cortes e Alçados, Caso A	108
Desenhos do autor	
52. Interior de uma Habitação na Gralheira	110
AMARAL, Keil, et al., <i>Arquitetura Popular em Portugal</i> , 2004, p. 232	
53. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso A	112
Imagem do autor	
54. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso A	112
Imagem do autor	
55. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso A	114
Imagem do autor	
56. Implantação e Perfil B, Vilar Maior	116
Desenhos do autor	
57. Tabela das temperaturas médias do ar, Sabugal	118
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	

58. Tabela das humidades relativas médias do ar, Sabugal	118
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	
59. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Sabugal	120
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
60. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Sabugal	120
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
61. Gráfico psicrométrico, Sabugal	122
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
62. Caso B, Habitação, Vilar Maior	122
Fotografia do autor	
63. Planta, Cortes e Alçados, Caso B	124
Desenhos do autor	
64. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso B	126
Imagem do autor	
65. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso B	126
Imagem do autor	
66. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso B	128
Imagem do autor	
67. Implantação e Perfil C, Malpica	130
Desenhos do autor	

68. Tabela das temperaturas médias do ar, Castelo Branco	132
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	
69. Tabela das humidades relativas médias do ar, Castelo Branco	132
Tabela do autor com base no software Climas SCE 1.05	
70. Gráfico do percurso aparente do sol, de dezembro a junho, Castelo Branco	134
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
71. Gráfico do percurso aparente do sol, de junho a dezembro, Castelo Branco	134
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
72. Gráfico psicrométrico, Castelo Branco	136
Gráfico gerado pelo software Climate Consultant	
73. Caso C, Habitação, Malpica de Tejo	136
Fotografia do autor	
74. Planta, Cortes e Alçados, Caso C	138
Desenhos do autor	
75. Radiação direta média diária para 21 de dezembro, Caso C	140
Imagem do autor	
76. Radiação direta média diária para 21 de junho, Caso C	140
Imagem do autor	
77. Simulação do comportamento térmico ao longo do ano, Caso C	142
Imagem do autor	

ANEXOS

ANEXO I – Fotografias do caso B, Vilar Maior



Vista traseira da habitação, fotografia do autor.

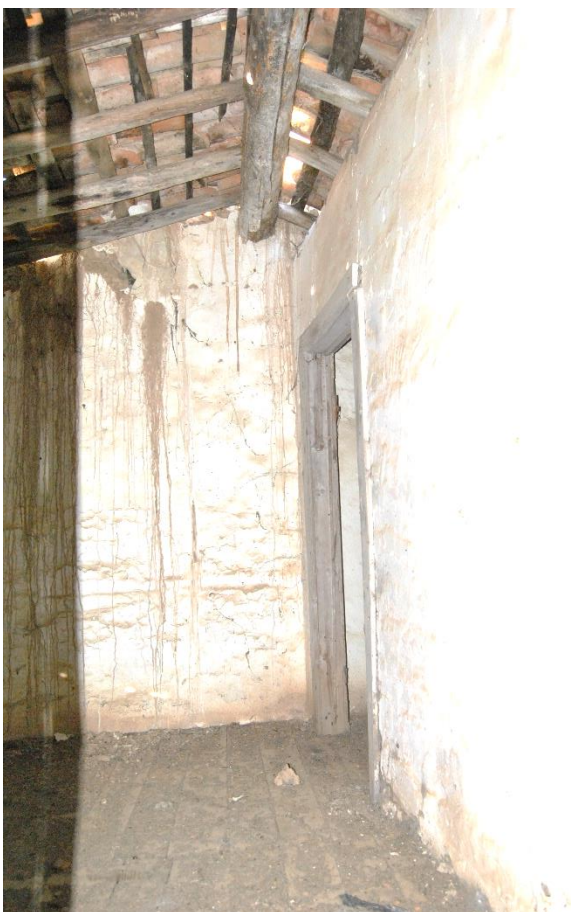


Vista interior do segundo piso, fotografia do autor.

ANEXO II – Fotografias do caso C, Malpica do Tejo



Vista interior do primeiro piso, fotografia do autor.



Vista interior do segundo piso, fotografia do autor.

ANEXO III – NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA
AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DO CASO A

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 255,25 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ 11,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 266,28 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \times 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 255,25 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} &= 17.263,07 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \times 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 11,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} &= 746,10 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício} &= \text{Média} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gb,i} &= 626,35 \text{ kWh/ano} \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} &= 18009,17 \text{ kWh/ano} \\ \text{parâmetro } \gamma &= 0,03 \\ \text{parâmetro ai} &= 2,60 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 62,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ 11,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 73,07 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \times 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 62,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} &= 4195,45 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \times 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 2.818 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 11,03 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} &= 746,10 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA



Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$

x

Ganhos térmicos brutos $Q_{gt,i,REF}$ kWh/ano

=

Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$ kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos $\eta_{i,REF}$

x

Ganhos térmicos brutos $Q_{gt,i,REF}$ kWh/ano

=

Ganhos totais úteis $Q_{gu,i,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i}$ kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{vr,i}$ kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i}$ kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,i,REF}$ kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{vr,i,REF}$ kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gu,i,REF}$ kWh/ano

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_l kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{180,28} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,y} \quad \boxed{14,67} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{ty} \quad \boxed{194,95} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{180,28} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{y,ref} - \theta_{y,ext}) \quad \boxed{6} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\div \\
 &1000 \\
 &= \\
 &3 \ 135,49 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,y} \quad \boxed{14,67} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{y,ref} - \theta_{y,ext}) \quad \boxed{6} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\div \\
 &1000 \\
 &= \\
 &255,06 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,y} \quad \boxed{607,23} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr} + Q_{re,v}$ kWh/ano

=

parâmetro Y_v

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ kWh/ano

±

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{vc} kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$ kWh/ano

±

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v kWh/m².ano

ANEXO IV – NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA
AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DO CASO B

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 397,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 11,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr} &= 408,84 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 1.977 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 397,05 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr} &= 18.839,23 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 1.977 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 11,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} &= 559,42 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício} &= \text{Média} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gb} &= 872,64 \text{ kWh/ano} \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} &= 19.398,64 \text{ kWh/ano} \\ \text{parâmetro } \gamma &= 0,04 \\ \text{parâmetro ai} &= 2,60 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 53,53 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 11,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{tr,REF} &= 65,32 \text{ W/}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 1.977 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 53,53 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} &= 2539,68 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0,024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento GD} &= 1.977 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 11,79 \text{ W/}^\circ\text{C} \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} &= 559,42 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos η

x

Ganhos térmicos brutos Q_{gt} kWh/ano

=

Ganhos totais úteis Q_{gtu} kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos η_{REF}

x

Ganhos térmicos brutos $Q_{gt,REF}$ kWh/ano

=

Ganhos totais úteis $Q_{gtu,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr} kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ve} kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento Q_{gtu} kWh/ano

(folha de cálculo 1.4)

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$ kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,REF}$ kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gtu,REF}$ kWh/ano

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_l kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 355,09 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,y} \quad 17,69 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,y} \quad 372,77 \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 355,09 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento LV} \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &+ \\
 &1000
 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,y} \quad 3\,706,50 \quad \text{kWh/ano}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,y} \quad 17,69 \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento LV} \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &+ \\
 &1000
 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,y} \quad 184,60 \quad \text{kWh/ano}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Média} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{b,y} \quad 2138,28 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{re,v}$ kWh/ano

$$= \text{parâmetro } \gamma_v \text{$$

$$\text{parâmetro av W/°C$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \text{$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \text{$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$(1 - \eta_v) \text{$$

$$\times \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \text{ kWh/ano}$$

$$+ \text{Área útil de pavimento } A_p \text{ m}^2$$

$$= \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{uc} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$(1 - \eta_{v,REF}) \text{$$

$$\times \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \text{ kWh/ano}$$

$$+ \text{Área útil de pavimento } A_p \text{ m}^2$$

$$= \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

ANEXO V – NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA
AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO DO CASO C

Folha de Cálculo E

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{344,39} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve} \quad \boxed{11,26} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r} \quad \boxed{355,64} \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1.274} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{344,39} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr} \quad \boxed{10.529,94} \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1.274} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve} \quad \boxed{11,26} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve} \quad \boxed{344,15} \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{gb} \quad \boxed{571,69} \quad \text{kWh/ano} \\
 &+ \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr} + Q_{ve} \quad \boxed{10874,09} \quad \text{kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma \quad \boxed{0,05} \\
 &\text{parâmetro ai} \quad \boxed{2,60} \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad \boxed{75,09} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,REF} \quad \boxed{11,26} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,r,REF} \quad \boxed{86,34} \quad \text{W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1.274} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} \quad \boxed{75,09} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,REF} \quad \boxed{2295,86} \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0,024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento GD} \quad \boxed{1.274} \quad ^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,REF} \quad \boxed{11,26} \quad \text{W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,REF} \quad \boxed{344,15} \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Factor de utilização dos ganhos η

x

Ganhos térmicos brutos Q_{gt} kWh/ano

=

Ganhos totais úteis Q_{gtu} kWh/ano

Factor de utilização dos ganhos η_{REF}

x

Ganhos térmicos brutos $Q_{gt,REF}$ kWh/ano

=

Ganhos totais úteis $Q_{gtu,REF}$ kWh/ano

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento Q_{tr} kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento Q_{ve} kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento Q_{gtu} kWh/ano
(folha de cálculo 1.4)

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_c kWh/m².ano

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento $Q_{tr,REF}$ kWh/ano

+

Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento $Q_{ve,REF}$ kWh/ano

-

Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento $Q_{gtu,REF}$ kWh/ano

=

Necessidades Anuais na estação de aquecimento kWh/ano

+

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento N_l kWh/m².ano

Folha de Cálculo F

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{246,30} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{16,48} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad \boxed{262,77} \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad \boxed{246,30} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{0} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\div \\
 &10000
 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{t,v} \quad \boxed{-216,35} \text{ kWh/ano}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{re,v} \quad \boxed{16,48} \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad \boxed{0} \text{ }^\circ\text{C} \\
 &\times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad \boxed{2928} \text{ horas} \\
 &\div \\
 &10000
 \end{aligned}$$

$$\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{re,v} \quad \boxed{-14,47} \text{ kWh/ano}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \boxed{\text{Média}} \\
 &+ \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad \boxed{1608,31} \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{re,v}$ kWh/ano

$$= \text{parâmetro } \gamma_v \text{$$

$$\text{parâmetro av} \text{ W/°C$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \text{$$

$$\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_v \text{$$

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$(1 - \eta_v) \text{$$

$$\times \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v} \text{ kWh/ano}$$

$$+ \text{Área útil de pavimento } A_p \text{ m}^2$$

$$= \text{Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_{uc} \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$$(1 - \eta_{v,REF}) \text{$$

$$\times \text{Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento } Q_{g,v,REF} \text{ kWh/ano}$$

$$+ \text{Área útil de pavimento } A_p \text{ m}^2$$

$$= \text{Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento } N_v \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{ano}$$