



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Andreia Fernandes Anjo

SUSTENTABILIDADE ARQUITETÓNICA
A PARTIR DE UMA PERSPETIVA TERMODINÂMICA
APRENDER COM A ARQUITETURA VERNACULAR EM TRÁS-OS-MONTES

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Arquitetura,
orientada pelo Professor Doutor Rui Aristides Bixirão Neto Marinho Lebre
e apresentada ao Departamento de Arquitetura da Faculdade de Ciências e Tecnologia
da Universidade de Coimbra.

Outubro de 2020



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA

**SUSTENTABILIDADE ARQUITETÓNICA A PARTIR DE
UMA PERSPETIVA TERMODINÂMICA**

APRENDER COM A ARQUITETURA VERNACULAR EM TRÁS-OS-MONTES

Andreia Fernandes Anjo

Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitetura

Sob orientação do Professor Rui Aristides

Coimbra, outubro 2020

“Do estudo da Architectura Popular portuguesa podem e devem extrair-se lições de coerência, de seriedade, de economia, de engenho, de funcionamento, de beleza... que em muito podem contribuir para a formação dum architecto dos nossos dias.”

Associação dos Architectos Portugueses in *“Arquitetura Popular em Portugal”*

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 15

I. SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA - UM ESTADO DE ARTE 25

Origens e a evolução do conceito da sustentabilidade 27

High-tech 31

Low-tech 37

Passivhaus 43

Termodinâmica 47

II. ARQUITETURA VERNACULAR PORTUGUESA ENQUANTO ARQUITETURA TERMODINÂMICA 59

Critérios de análise termodinâmicos 63

Soluções e espaços sustentáveis transmontanos 69

Trás-os-Montes 75

Montes 77

Rio de Onor 81

Ifanes 87

CONSIDERAÇÕES FINAIS 101

FONTES DE IMAGEM 105

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 111

Agradeço profundamente ao professor Rui Aristides pela sabedoria, exigência e paciência.

A todos as pessoas que conheci e me acompanharam neste percurso de altos e baixos que foi Coimbra. Em especial à Bárbara, à Flávia e à Marlene, pelo companheirismo, pelas conversas e pelo silêncio.

Ao David, pelo apoio incondicional.

Às avós, que sem a ajuda delas tudo seria mais difícil.

À minha Irmã e ao meu Irmão, pelo companheirismo e por todo o apoio.

À Ana, pelas palavras de conforto e conselhos preciosos.

À Mãe e ao Pai, por serem a dupla a quem tudo devo.

Ao avô Zé e ao pequeno Adriano!

As citações transcritas em português referentes a edições de língua não portuguesa foram sujeitas a tradução livre pela autora.

RESUMO

Vivemos num mundo em que a globalização, iniciada com a revolução industrial e agravada com o movimento moderno, e as suas tecnologias têm vindo a gerar um conjunto de modelos padronizados da arquitetura e do espaço. Este padrão tem contribuído para o afastamento das abordagens arquitetónicas vernaculares. A partir do momento em que se impõem a nível internacional novos padrões de eficiência energética e produtiva, as tecnologias vernaculares de construção poderão vir a assumir um papel central, tornando-se assim pertinente pensar no futuro da construção refletindo sobre o que foi o seu passado.

A arquitetura vernacular materializa um conjunto de condicionalismos do meio ambiente em que se insere. Se no passado, num contexto de carência, os edifícios eram construídos usando medidas passivas, garantindo o máximo de conforto possível, é pertinente estudar as várias estratégias desta arquitetura e reajustá-las ao contexto atual da construção e das novas tecnologias. Com isto, surgiu a necessidade de pensar a arquitetura com base no conceito da termodinâmica, cujos princípios, formais e materiais, se baseiam na arquitetura vernacular.

Pensar a arquitetura vernacular a partir do estudo dos fenómenos termodinâmicos, permite-nos olhar para a edificação numa perspectiva mais completa, fazendo uma análise mais científica dos fluxos de energia do sol e do vento, contribuindo essencialmente para a redução dos sistemas ativos modernos de climatização, do consumo de materiais, de energia e desperdício dos recursos. Neste sentido, não só evitará o consumo desmesurado de energia, como também evitará a produção de dióxido de carbono e eventual agravamento das mudanças climáticas.

Palavras-chave: construção vernacular, termodinâmica, sustentabilidade, habitação, resiliência

ABSTRACT

We live in a world in which globalization, created with an industrial revolution and aggravated by the modern movement, and its technologies have been generating a set of standardized models of architecture and space. This pattern has contributed to the departure from vernacular architectural approaches. From the moment that an international level of new standards of efficiency and production is imposed, such as vernacular construction technologies that assume a central role, thus making it pertinent to think about the future of construction reflecting on what was its past.

Vernacular architecture materializes a set of environmental constraints in which it is inserted. If in the past, in a context of need, buildings were constructed using passive measures, guaranteeing the maximum possible comfort, it is pertinent to study how various strategies of this architecture and readjust them to the current context of construction and new technologies. With this, there will be a need to think architecture based on the concept of thermodynamics, concepts, formal and material, are based on vernacular architecture.

Thinking of vernacular architecture from the study of thermodynamic phenomena, allows us to look at the building in a more complete perspective, making a more scientific analysis of the energy flows of the sun and wind, essentially contributing to the reduction of modern active air conditioning systems, consumption of materials, energy and waste of resources. In this sense, it will not only avoid excessive energy consumption, but also avoid the production of carbon dioxide and possible aggravation of climate change.

Keywords: vernacular construction, thermodynamics, sustainability, housing, resilience

INTRODUÇÃO

A realidade com que nos deparamos está a gerar uma mudança gradual dos paradigmas sociais, culturais, técnicos, energéticos e ambientais desenvolvendo um modelo de sociedade que, segundo os climatólogos, tende para um ponto sem retorno onde se prevê um aumento da temperatura que pode chegar aos 4°C até ao final do século. Isto trará enormes riscos desde ondas de calor extremas, inundações costeiras e fluviais, secas, mais espécies em via de extinção, novas doenças e muito mais.¹ Segundo o que consta no Relatório do Estado do Ambiente 2018, “Portugal encontra-se entre os países europeus com maior potencial de vulnerabilidade aos impactes das alterações climáticas.”² Como futura arquiteta, serve o presente trabalho não só, para tentar compreender como pode a arquitetura atenuar e reduzir as emissões de dióxido de carbono, de longe o fator que mais impulsiona o aumento da temperatura, e num sentido mais amplo contribuir para a produção sustentável da paisagem habitada. Assim como procura explorar, no cenário atual, soluções arquitetónicas que possam dar resposta de uma forma eficaz às crescentes necessidades do ser humano e ao dinamismo do meio em que se insere, respostas que permitam que a arquitetura se transforme e atente às necessidades em mudança.

Nas últimas décadas, o conceito de sustentabilidade tem surgido como um tema central no debate arquitetónico, devido ao impacto que a construção tem sobre o planeta. Para a indústria da construção a sustentabilidade representa um enorme desafio, sendo um dos maiores e mais ativos setores em toda a Europa, representando 28,1% e 7,5% do emprego, respetivamente no sector da indústria e para a economia europeia no seu todo, e responsável por 30% das emissões de carbono. Para além disso, o edificado em si consome 42% da energia produzida no mundo. Portanto, a nível mundial, a construção consome mais matérias-primas que qualquer outra atividade económica e o construído

¹GROSSMAN, Emily. 1 setembro de 2020. (Última atualização) “Part 5: Too hot to handle... Where are we heading?” <https://extinctionrebellion.uk/the-truth/the-emergency/part-5/> Acedido a 5-10-2020

²FERNANDES, Ana Cristina *et al.* Junho de 2018. Relatório do Estado do Ambiente: Portugal 2018. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-antiores?language=pt-pt> . Acedido a 23-09-2020. P. 27

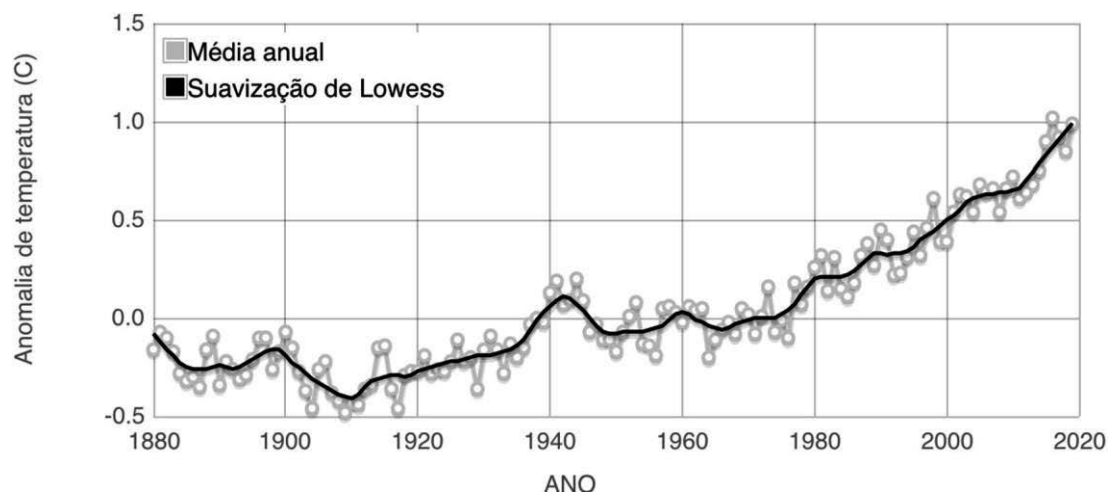


Figura 1 – Índice global da temperatura terrestre.

um dos sectores energeticamente mais dispendiosos, evidenciando-se claramente um setor insustentável.³

A nível mundial, estima-se que até 2030, a procura de energia cresça aproximadamente 40% e grande parte deste crescimento está relacionado com o aumento da população e o facto de haver um aumento do número de pessoas com acesso a eletricidade. Para além de o consumo energético representar um uso excessivo de recursos não renováveis, “a face menos visível e com mais impacto ambiental do consumo de energia, tem a ver com as emissões de carbono”, como exemplificado na figura 1, geradas durante a queima de carvão e gás para produção de eletricidade nas centrais termoelétricas, no sector dos transportes e no sector industrial.”⁴ Em Portugal, além de haver um grande consumo energético, isto vai gerar graves consequências na economia, visto que a energia representa quase 60% das nossas importações.⁵

Todavia, a insustentabilidade da indústria da construção não se explica apenas pelo seu volume, mas também pelo tipo de materiais usados, bem como é feita a sua extração e distribuição. O betão é um dos exemplos mais marcantes deste paradigma, representado enormes gastos e impactes tanto na extração, bem como na distribuição. Outro elemento central para a insustentabilidade do setor é o facto de os edifícios usarem tipos de soluções tecnológicas que moldam uma ideia de habitáculo e, por consequência, de vida muitas vezes insustentável. Um dos modelos mais exemplificativos disto é o uso excessivo de ar condicionado, entre outras soluções ativas de condicionamento do ambiente que, por sua vez, reproduzem a ideia de um habitáculo desligado das condições ambientais mais imediatas. De uma forma quase poética, a tecnologia do ar condicionado espelha a natureza mecânica, extrativa e alienante das tecnologias de produção dos materiais de construção em si como o betão, o ferro, o vidro, entre outros materiais modernos de construção.⁶

A indústria de construção, os processos de construção e conceção do espaço necessitam, pois, ser questionados e repensados à luz destes factos e do seu papel na produção da sustentabilidade do planeta. O presente estudo centra-se na questão da gestão

³ TORGAL, F. Pacheco., & Jalali, Said. 2010. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Braga: TecMinho, D. L. P. 23

⁴ *Ibidem*, p. 68

⁵ *Ibidem*, p. 68

⁶ Em conversa com o professor Rui Aristides.

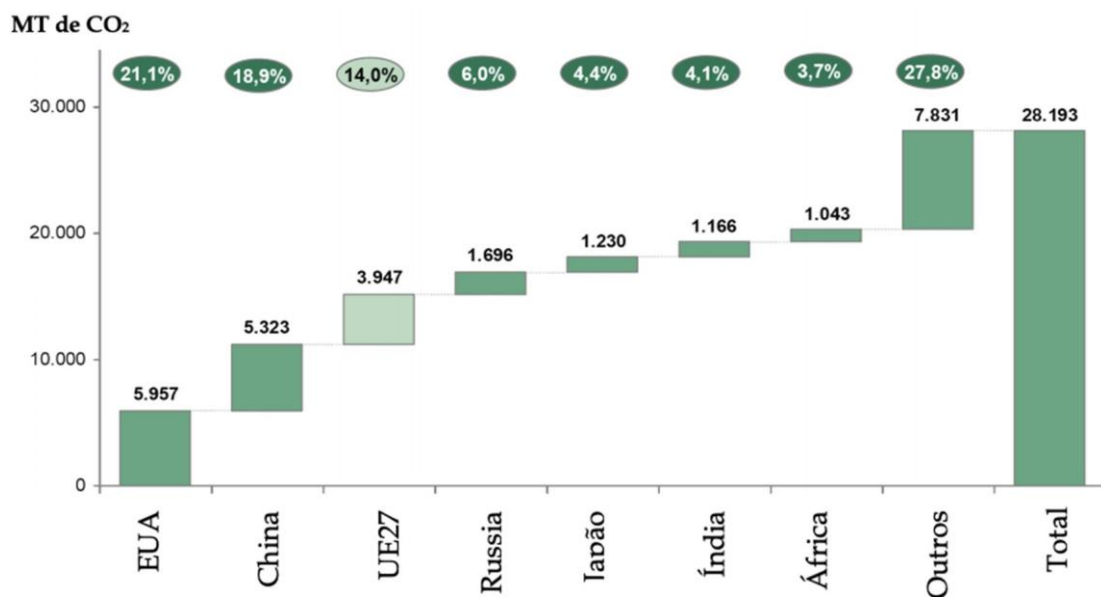


Figura 2 - Emissões de carbono a nível mundial devido ao consumo de energia.

energética da construção e os seus processos, tendo por objetivo chegar a possíveis soluções espaciais e construtivas mais sustentáveis que as actualmente em vigor. Para tal, aborda-se a arquitetura enquanto fenómeno termodinâmico, e as tipologias vernaculares são exemplos centrais a analisar neste trabalho, pois exibem uma conexão precisa entre o ambiente exterior e interior e entre o material construtivo e o ambiente interior. Portanto, interessa pensar o edifício como um organismo que efetua trocas de energia, de materiais e de informação com o seu meio.

Segundo Phillip Tabb, o contexto urbano e rural gera uma procura drasticamente diferente nos setores de energia, construção e transporte e refletem diferenças nas tipologias e características tectónicas da construção. Em ambos os contextos, temos oportunidades e desafios diferentes para abordar como estratégia sustentável. Porém, são os exemplos das regiões rurais, neste caso, da arquitetura vernacular que interessam para o estudo aqui apresentado. Enquanto arquitetura não especializada e concretizada pelos próprios habitantes ou pelas suas relações sociais mais próximas, representa um sistema sócio-material de entreaajuda, não só entre humanos, mas também entre os humanos e o meio ambiente que habitam. Dela está muitas vezes ausente o ímpeto capitalista predatório de tornar tudo mais barato, de forma a se poder usar mais e mais, e assim acumular-se mais capital. Se num contexto de escassez, os edifícios vernaculares eram e são construídos usando medidas passivas de ventilação e climatização, garantindo o maior conforto possível, utilizando os materiais naturais do local, pouco dependente das energias não renováveis, então revela-se importante analisar estas estratégias. Estas poderão permitir compreender como os edifícios se adaptam à sua envolvente, como são utilizados os materiais locais e como o desenho do edifício é feito a partir das características de uma ecologia local. Dado que atualmente o consumo dos recursos naturais é excessivo e há uma necessidade urgente de encontrar soluções face ao problema da má gestão energética por parte da indústria de construção, é urgente tirar lições da arquitetura vernacular.

Para estruturar o estudo das possibilidades termodinâmicas da arquitectura através das lições da arquitectura vernacular, este trabalho revisita o inquérito da *Arquitectura Popular em Portugal* como um registo fulcral, não apenas de paisagens nacionais tradicionais, mas também e mais importante de soluções arquitetónicas que nos permitem repensar e discutir um desenho sustentável do espaço. Em particular, o trabalho centra-se na análise de casos transmontanos, procurando compreender como as comunidades transmontanas de 1957-58 se inseriram no meio ambiente, como os edifícios se adaptam

às condições climáticas locais, como se organizam espacialmente, e como são utilizados os materiais dominantes da região nos edifícios.

Apesar de o inquérito da *Arquitetura Popular em Portugal* conter um olhar muito específico, os seus autores, mesmo que de forma indireta, já analisavam a arquitetura enquanto fenómeno termodinâmico. Para o desenvolvimento desta releitura do inquérito estabeleceram-se chaves de leitura resultantes de uma análise e discussão do conceito de termodinâmica, desenvolvida numa primeira parte do trabalho. Algumas ideias, como a orientação solar da construção e a qualidade das soluções de insolação surgiram como chaves de leitura intuitivas. O estudo dos diferentes significados da termodinâmica, no entanto, juntou a essas ideias outras mais compostas relativamente à interação entre edifício e meio, que nos permitem argumentar a necessidade e a riqueza de aprender com as soluções vernaculares para um desenho mais sustentável de arquitetura.

É preciso ressaltar que, neste trabalho, não se pretende voltar ao passado ou sugerir que podemos voltar a viver como os nossos avós, mas compreender e reinterpretar a história da construção e produção de espaço que estes nos deixaram para confrontar os nossos problemas. A sociedade moderna é completamente distinta das comunidades transmontanas da década de 50/60, tanto nos modos de vida, como a nível tecnológico, por isso, o objetivo é extrair ensinamentos da arquitetura vernacular em Trás-os-Montes que nos permitam mudar a contemporaneidade.

O trabalho está dividido em dois capítulos. O primeiro, “Sustentabilidade na arquitetura,” está subdividido por cinco subcapítulos e tenta compreender as origens e a evolução do conceito da sustentabilidade, procedendo a uma retrospectiva dos acontecimentos marcantes para o desenvolvimento sustentável e alguns dos pensamentos que têm surgido de como pensar a arquitetura sustentável. Entre os dois opostos da arquitetura high-tech/ low-tech, dá-se mais ênfase ao pensamento da arquitetura de baixa tecnologia, abordando-se posteriormente o conceito de passivhaus e termodinâmica. No subcapítulo da “termodinâmica” há uma tentativa de compreender esta abordagem e de como tem sido desenvolvida nos últimos anos por vários arquitetos. Além disso, tenta explicar o porquê de ser uma possibilidade que nos permite tornar os edifícios ambientalmente mais sustentáveis.

O segundo capítulo “Arquitetura vernacular portuguesa enquanto arquitetura termodinâmica”, está subdividido por seis subcapítulos. Este capítulo começa por fazer uma breve contextualização da necessidade de recorrermos à arquitetura vernacular para dela extrair lições que modifiquem a nossa realidade. O subcapítulo dos “critérios de

análise termodinâmicos” define a razão dos fatores que serão tidos em conta para analisar os exemplos da arquitetura vernacular em Trás-os-Montes, nomeadamente a orientação e insolação, a redução das perdas de calor, a ventilação, o uso dos materiais locais e a gestão de recursos. O subcapítulo das “soluções e espaços sustentáveis transmontanos”, começa por referir a razão e a importância fulcral do inquérito da *Arquitectura Popular em Portugal* para este trabalho e diferencia o olhar específico que os arquitetos modernos pretendiam com este registo na época da sua publicação, e a que se pretende articular com este trabalho. Nos restantes subcapítulos, faz-se uma análise a partir dos critérios definidos dos exemplos de estudo apresentados no inquérito da *Arquitectura Popular em Portugal* na década de 50/60. Por último, o final deste capítulo faz uma síntese das lições aprendidas que podem ser aplicadas aos edifícios contemporâneos, permitindo a redução das emissões de dióxido de carbono e contribuindo para uma paisagem habitada mais sustentável.



N.º Cert: 123 - 2009

Certificado de Sustentabilidade

Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Edifícios de Habitação (MARS-H)

1. IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

TIPO: Edif. habitação unifamiliar Edif. habitação multifamiliar

MORADA/SITUAÇÃO:
 Rua/Avenida/Praça: _____
 Localidade: _____ Freguesia: _____
 Concelho: _____ Código Postal: ____/____, ____
 Imóvel inscrito na ____ Conservatória do Registo Predial de _____
 Sob o nº ____ Art. Matricial nº ____

Foto (alçado principal):



2. ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE



3. DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CADA CATEGORIA



Nome do responsável pela emissão do certificado: _____ Perito n.º: _____

Data de emissão: _____



Figura 3 – Mateus, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. 2009. Certificado de avaliação da sustentabilidade pela metodologia MARS-H

I. SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA – UM ESTADO DE ARTE

Não é fácil definir arquitetura sustentável enquanto um tema, não se pode considerar um movimento, nem um estilo, nem uma tendência. É, no fundo, o reconhecer de um novo conjunto de problemas, associados ao ato de projetar e construir. É um chamar de atenção para a necessidade de rever a própria disciplina, de forma a conciliar as preocupações contemporâneas com as consequências das atividades do ser humano sobre o meio ambiente.⁷

A arquitetura moderna adquiriu um padrão espacial, material e atmosférico inovador, mas não conseguiu gerar um modelo ambientalmente correto. Com a evolução e a dependência tecnológica contemporânea, têm-se desenvolvido soluções de alta tecnologia, originando respostas muito dependentes da energia, gerando problemas de insustentabilidade, nomeadamente o aquecimento global.

Apesar de a indústria de construção não se restringir somente ao edificado, incluindo também a engenharia civil referente às infraestruturas, não deixa de ser característico que a ênfase na construção sustentável tenha sido colocado na eficiência energética, como no caso de Ricardo Mateus que, em 2009 desenvolveu um sistema específico para avaliar a eficiência energética dos edifícios, com a designação de Metodologia de Avaliação Relativa da Sustentabilidade de Edifícios de Habitação (MARS-H) (ver figura 2) Este sistema permitia classificar o desempenho de sustentabilidade dos edifícios do mais sustentável ao menos sustentável (A+, A, B, C, D, E), referentes ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável (ambiental, social e económico), permitindo compreender os pontos fortes e os pontos mais fracos que precisavam de ser melhorados.⁸ Este facto, deve-se ao elevado consumo energético dos edifícios em termos funcionais. Portanto, uma vez que a insustentabilidade do planeta ocorre essencialmente pela má gestão energética, torna-se fundamental explorar esse fator e compreender como se pode melhorar o desempenho energético arquitetónico.

⁷ ALMEIDA, Eduardo José Marques. Julho de 2012. Desenhar a verde: Um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech. Tese de arquitetura. Universidade de Coimbra. P.29

⁸ MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. Julho de 2009. Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho: Escola de Engenharia. P.133 <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9886>. Acedido a 21-09

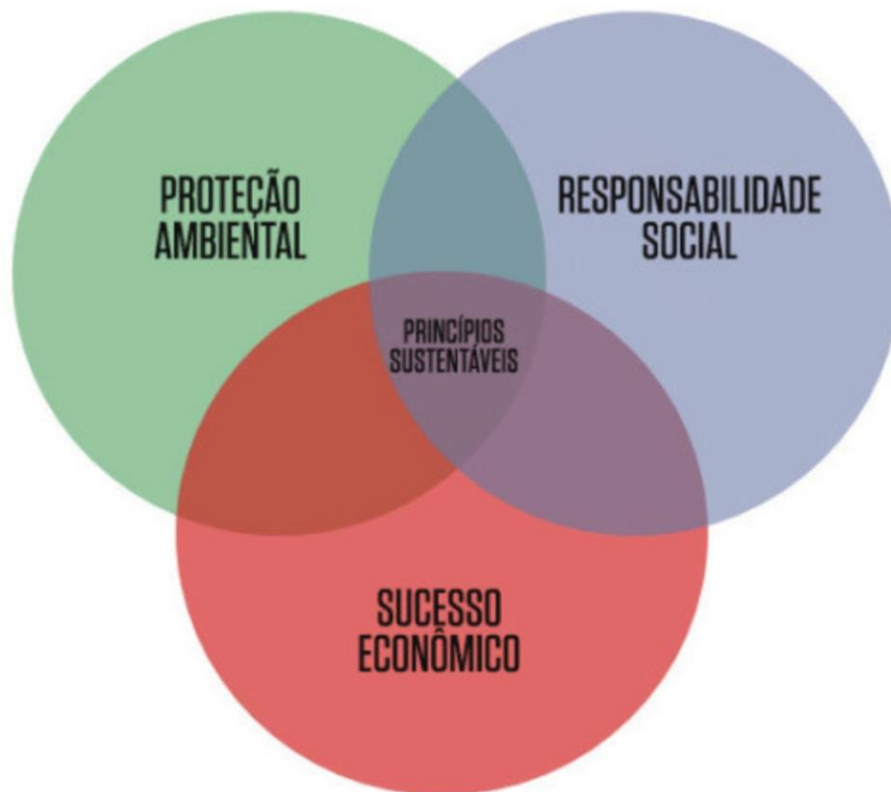


Figura 4 – Esquema representativo das várias componentes do desenvolvimento sustentável.

Existem vários termos que são usados para nomear a arquitetura com enfoque na sustentabilidade como: arquitetura sustentável, bioclimática, ecológica, verde, entre outros. Apesar de serem semelhantes, o termo sustentável apresenta um âmbito mais abrangente, congregando as preocupações ambientais, socioculturais e económicas, como na figura 4, e não se restringindo a procurar maximizar a eficiência energética e o desempenho térmico. Nesse sentido, delinear as origens e a evolução do conceito é útil para enquadrar historicamente o debate e entender as suas contradições contemporâneas.

ORIGENS E A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DA SUSTENTABILIDADE

Pela primeira vez foi questionado publicamente pelo *Club of Rome*, um conjunto de assuntos relacionados com a economia internacional, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Em 1972, membros desse grupo publicaram e alertaram com o relatório ‘*The Limits to Growth*’, afirmando que se as tendências de crescimento exponencial económico, populacional e do consumo dos recursos naturais continuar, os limites de crescimento serão alcançados em algum momento. Portanto, a sustentabilidade surge de forma pública e formal, reconhecida por um órgão internacional, enquanto a necessidade de parar ou alterar radicalmente um certo modelo de crescimento.⁹

Com a primeira crise energética e petrolífera em 1973, surge a nível global a preocupação com os aspetos ambientais na arquitetura. A crise, motivada por um aumento drástico do preço do petróleo, gerou uma enorme controvérsia em torno do modo de vida instituído no período pós-guerra, que dependia em grande medida de um consumo energético excessivo. Tornava-se então aparente a necessidade de desenvolver alternativas sustentáveis que permitissem controlar o uso excessivo dos recursos não renováveis.¹⁰ Aqui a sustentabilidade surgiu como redução de consumos energéticos.

Em 1987, o relatório Brundtland “*Our common Future*”, definiu o conceito de “desenvolvimento sustentável” afirmando que é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras.¹¹ O

⁹ GAUZIN-MULLER, Dominique. 2002. Sustainable architecture and urbanism: concepts, Technologies, examples. Basel: Birkhauser. P.13

¹⁰ WASSOUF, Micheel. 2014. Da casa passiva à norma passivhaus. A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, SL. P. 8

¹¹ MOURÃO, Joana *et al.* 2012. Princípios de edificação sustentável. 1ª Ed. Lisboa: LNEC. P.12

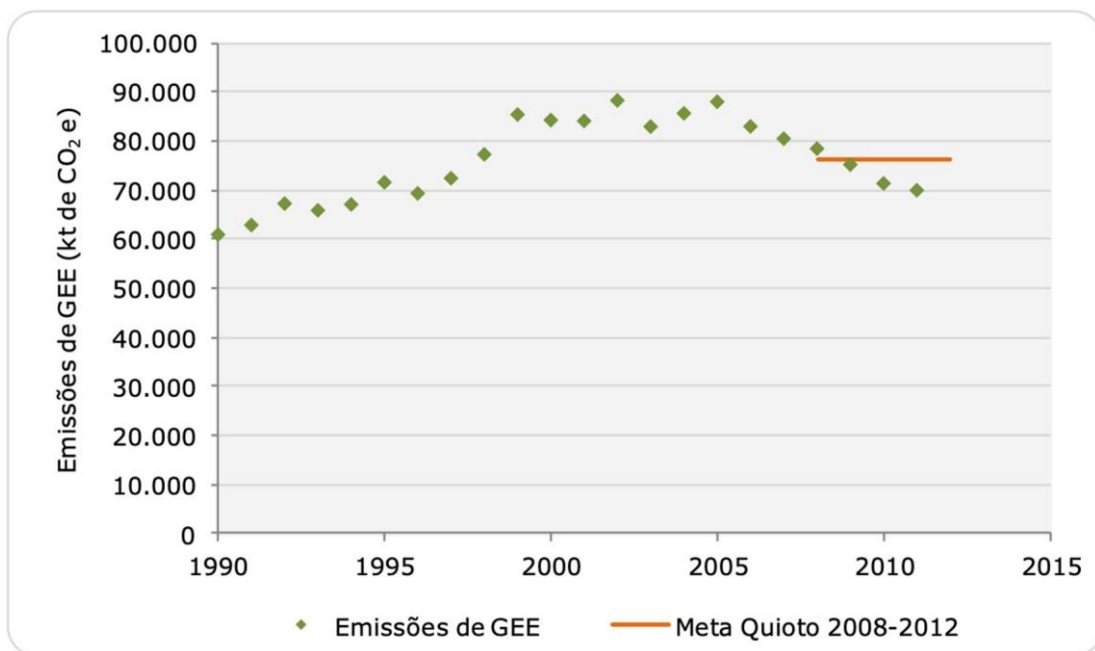


Figura 5- Emissões de gases com efeito de estufa e compromissos para o período de 2008-2012.

relatório não é o primeiro que introduz esta ideia de sustentabilidade, mas que melhor sintetiza esta abordagem, pois parte integrante desta definição citou duas dimensões fundamentais com as quais a sustentabilidade se devia orientar, nomeadamente ao espaço geográfico e aos diferentes contextos globais, e aos sistemas em constante evolução no tempo. Não instituiu uma métrica para definir e atingir as necessidades presentes, nem qualquer indicação de quais seriam as necessidades futuras, na realidade são necessidades abertas a discussão. Portanto, aqui a sustentabilidade é vista como um processo em constante evolução, em resposta às necessidades da mudança.¹²

Dez anos depois, surge o Protocolo de Quioto, que tenta atenuar as alterações climáticas. A união europeia assumiu o compromisso de reduzir as emissões de carbono em 8%, relativamente ao ano de 1990, “através de um acordo de partilha de responsabilidades, que estabelece uma estrutura diferenciada de repartição do esforço entre os seus Estados Membros.”¹³ Nessa repartição, cabe a Portugal limitar o crescimento das suas emissões de carbono em 27% entre o período de 2008-2012, com base nas emissões de 1990. Segundo o que consta no Relatório do Estado do Ambiente de 2013, em Portugal no ano de 2011, o valor nacional de emissões dos gases com efeito de estufa, correspondeu a cerca de 70 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2e}), “o que representa um aumento de 14,8% face a 1990, valor abaixo da meta nacional de cumprimento no âmbito do Protocolo de Quioto para o período 2008- 2012, que estabelece para este período um limite de 27% no aumento das emissões face a 1990”¹⁴, como identificado no gráfico da figura 5. Embora a capitação de dióxido de carbono em Portugal fosse uma das menores entre os países da Europa, com um valor de 6,6 toneladas de dióxido de carbono por habitante, os valores da sua emissão terão

¹² TABB, Philippe James; A. Senem Deviren. 2016. *The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design*. Routledge: Taylor & Francis Group. London and New York. Prefácio.

¹³ INSTITUTO DO AMBIENTE. 2001. “Relatório do Estado do Ambiente 2001 Portugal.”. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020. P.23

¹⁴ DIAS, Ana Maria *et al.* 2013. “REA 2013 Portugal.”. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020. P.56

aumentado face aos valores de 1990, revelando a grande disparidade existente no início dos anos 90 entre a estrutura económica portuguesa face à maioria dos países europeus.¹⁵ Desta evolução do conceito manifestam-se várias maneiras de pensar a arquitetura sustentável, surgindo um contraste marcante de soluções. Observa-se essencialmente uma distinção entre duas categorias que, apesar de apresentarem características comuns, são duas abordagens muito diferentes e a discordância destas evidencia-se na função que as novas tecnologias devem desempenhar no projeto sustentável: arquitetura high-tech e low-tech.

HIGH-TECH

De uma forma mais marcante, esta apropriação da tecnologia reflete-se na arquitetura high-tech, que encara a inovação tecnológica como a solução para a resolução dos problemas ambientais. A sustentabilidade é encarada como uma questão de desenvolver tecnologias que resolvam ou transformem em benefícios o que atualmente parecem ser problemas.¹⁶

A arquitetura high-tech é simbolizada pelos edifícios imponentes que refletem o poder científico e tecnológico, através de estruturas de aço e do uso recorrente de fachadas de vidro e equipamentos industriais que evidenciam a artificialidade e a automatização.¹⁷ Os arquitetos Norman Foster, Renzo Piano, Thomas Herzog destacam-se na tendência da arquitetura high-tech, onde o foco ecológico das obras destes arquitetos se apoia no uso de alta tecnologia para alcançar o conforto térmico com máxima eficiência energética. Neste tipo de construções, as medidas passivas nem sempre são o fator de maior importância, havendo uma preferência por soluções ativas derivadas de tecnologias inovadoras, como no caso do edifício Commerzbank Headquarters, em Frankfurt, na Alemanha do arquiteto Norman Foster.

Este edifício foi objeto de concurso internacional em 1992, que acabou por ser vencedor. O objetivo do concurso era criar um espaço de trabalho com uma relação

¹⁵ DIAS, Ana Maria *et al.* “REA 2013 Portugal.”. Agência Portuguesa do Ambiente, 2013. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-antiores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020. P.55

¹⁶ ALMEIDA, Eduardo José Marques. Julho de 2012. Desenhar a verde: Um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech. Tese de arquitetura. Universidade de Coimbra. P. 99

¹⁷ *Ibidem*, p. 115

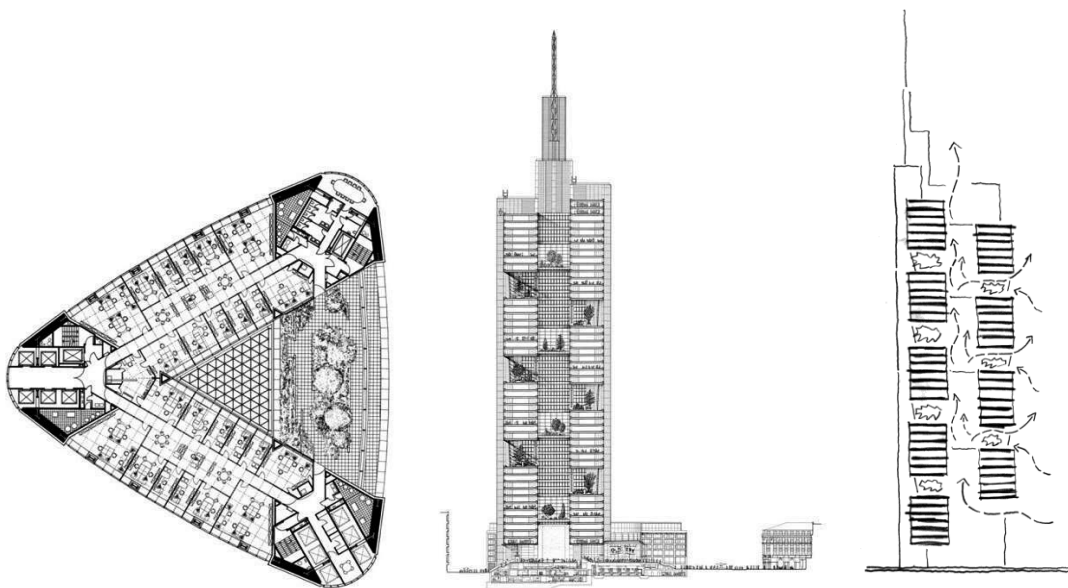


Figura 6, 7 e 8- Planta do edifício; corte transversal; esquema de ventilação através do efeito chaminé

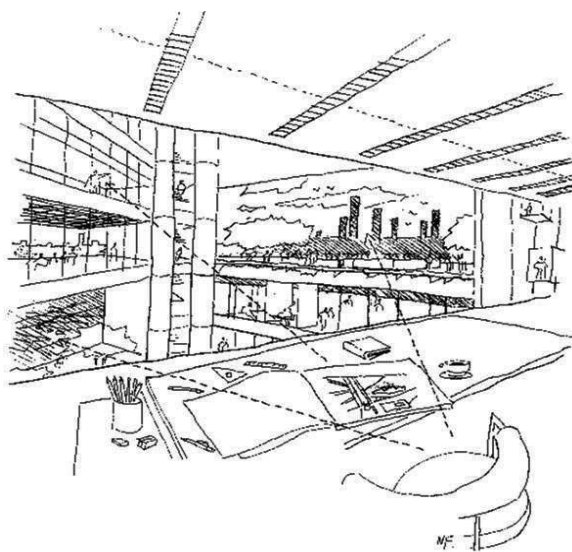


Figura 9 e 10- Edifício Commerzbank Headquarters; desenho livre da relação de um escritório com o restante edifício

adequada entre os usuários, que gerasse um aumento na produtividade, tendo em conta às questões ambientais e a um consumo energético menor. É um edifício com 56 andares, concluído em 1997 e considerado naquela época a primeira torre de escritórios mais ecológica do mundo. A planta do edifício é triangular (figura 6), com um átrio central que tem a altura total do edifício.

É um edifício que veio trazer um panorama diferente para o ambiente de trabalho urbano através do uso de “jardins de inverno” distribuídos estrategicamente por todo o edifício. São espaços que ocupam uma altura de quatro pisos cada um, e que tentam integrar a ideia de sustentabilidade através da iluminação e ventilação natural, com aspetos de “justiça” ambiental, em que os usuários daquele espaço estão mais próximos da natureza. Os vazios criados pelos jardins e o átrio central permitem a formação de fluxos de ar resultantes da ação do vento, que através do efeito chaminé (figura 8) permite a ventilação natural de todo o edifício. Também a combinação do átrio central com os jardins vai criar uma zona climática intermédia, ou seja, um ambiente de transição entre o clima exterior e interior.

No que diz respeito à economia de energia, a principal estratégia do projeto é o uso da ventilação natural. No entanto, é um edifício que utiliza sistemas que fazem um balanço entre estratégias passivas de iluminação e ventilação e sistemas ativos de iluminação e climatização, permitindo que o edifício funcione de acordo com o clima exterior. A planta triangular é dividida numa zona de escritórios que estão virados para o exterior, uma zona de circulação intermédia que também é utilizada para reuniões, e uma zona de escritórios virados para o átrio central. Segundo Umakoshi, cada uma dessas zonas tem um sistema separado de climatização e ventilação. Dessas três áreas, os escritórios voltados para o átrio central apresentam condições mais favoráveis para se abrir as janelas e se aproveitar a ventilação natural, por estarem protegidos contra ventos de alta velocidade. No caso dos escritórios virados para o exterior, a abertura das janelas é possível com a integração de painéis externos de vidro, que protegem dos ventos diretos quando se abrem, que para além dessa proteção ainda tem as persianas no interior para que os usuários consigam regular a luz solar.¹⁸ Relativamente aos sistemas ativos, o

¹⁸ UMAKOSHI, Erica Mitie. 2014. Avaliação do Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o projeto do Edifício Alto. Tese de doutoramento. Faculdade de Arquitetura e urbanismo. São Paulo. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02072014-114503/en.php>. Acedido a 10-10-2020. P. 53

edifício está conectado a um sistema de gestão baseado num computador central que controla e monitoriza os equipamentos mecânicos e elétricos do edifício através de sensores meteorológicos, como a ventilação e a iluminação. As janelas estão conectadas a esse sistema para garantir que a ventilação só funciona quando as janelas estiverem fechadas e a iluminação artificial está conectada a sensores de movimento e temporizadores. Outro sistema, é a reutilização das águas do sistema de arrefecimento (chiller) para as descargas sanitárias, reduzindo o consumo de água potável.¹⁹

Apesar da automatização, o controlo da ventilação e iluminação pode ser controlada através dos usuários, de forma a garantir que o mesmo possa intervir nas suas condições de conforto térmico. Neste caso, têm a opção de abrir ou fechar as janelas consoante as condições climáticas exteriores, favoráveis à ventilação natural, como podem regular através de persianas a entrada da radiação solar. A possibilidade de os sistemas serem controlados pelos usuários, gerou não só satisfação por parte dos mesmos²⁰, como também levou a que o edifício consumisse menos 25% de energia do que o previsto. O edifício opera 85% do ano com ventilação natural em oposição aos 60% previstos, ou seja, isto reflete que a mudança ocorre quando há uma consciência coletiva.

É de ressaltar, que a eficiência energética não se resume ao aproveitamento máximo da iluminação e ventilação natural, a escolha dos materiais construtivos é também um fator determinante para o desempenho ambiental de um edifício. Neste caso, estamos a falar de um edifício que necessitou de toneladas de materiais para ser construído, desde vidro, alumínio, aço e betão armado. No entanto, segundo o que consta na página oficial Foster+Partners, só existe a indicação de que este edifício reduziu o consumo dos materiais reaproveitando e restaurando os edifícios existentes. Portanto, não há um estudo do impacto ambiental das restantes toneladas de materiais usados. Neste caso era preciso analisar a energia usada para a extração destes materiais, como foram transportados, como foi feito o seu processamento, qual foi a energia usada na sua fabricação, a energia gasta para transportar até ao local da obra e a energia usada para

¹⁹ FOSTER+PARTNERS. 1997 Commerzbank Headquarters. Frankfurt, Germany.

<https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/> Acedido a 9-09-2020

²⁰ UMAKOSHI, Erica Mitie. 2004. Avaliação do Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o projeto do Edifício Alto. Tese de doutoramento. Faculdade de Arquitetura e urbanismo. São Paulo. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02072014-114503/en.php>. Acedido a 10-10-2020.P.5



Figura 11- Relação dos escritórios virados para o átrio central



Figura 12 – Vista do átrio central com a estrutura metálica e vidro



Figura 13 – Vista para os jardins de pisos superiores

instalar esses materiais. Porém é um edifício que em 2009 recebeu o prêmio “Green Building Frankfurt”.

Em termos de uso é uma referência importante pelo seu desempenho ambiental deste tipo de edificado. Não só permite ventilar todos os espaços de trabalho de forma natural, como também permite que os usuários possam intervir no controlo do conforto térmico dos seus espaços de trabalho. Os terraços e o átrio central permitem uma relação visual entre os espaços interiores nos vários pisos (figura 13) e pela criação de espaços de interação social e transição climática.²¹ No entanto, em termos económicos, a utilização de toneladas de materiais como o aço e o vidro e a utilização de sistemas ativos de climatização implicam sempre um custo muito elevado, que de forma geral, só pode ser suportado por empresas com grande poder económico. Para além disso, a utilização destes sistemas ativos é sempre um risco porque pode não cumprir com os seus objetivos, ou precisar de manutenção. No entanto, mesmo que não haja retorno direto através da economia energética, estas empresas geralmente, usam esta ideia de construir edifícios mais sustentáveis como estratégia de marketing, de forma a ganharem mais reconhecimento e definirem uma determinada imagem de que realmente são empresas que se preocupam com os problemas ambientais.

LOW-TECH

Numa segunda abordagem, a arquitetura low-tech é caracterizada inversamente, onde alguns arquitetos low-tech rejeitam a “rigidez e frieza do modernismo”²². Normalmente, são edifícios de menor escala, usam técnicas de construção mais simples, materiais locais ou reutilizados/reciclados, recorrem a técnicas passivas e energias renováveis. Para além disso, evita o processo industrial sempre que possível, optando mais por processos artesanais. Esta arquitetura inspira-se em grande medida na construção local, nomeadamente na arquitetura vernacular, não só pela fonte de informação de técnicas construtivas e materiais, mas também pela própria simbologia e

²¹ UMAKOSHI, Erica Mitie. Avaliação do Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o projeto do Edifício Alto. Tese de doutoramento. Faculdade de Arquitetura e urbanismo. São Paulo, 2014. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02072014-114503/en.php>. Acedido a 10-10-2020. P. 55

²² GAUZIN-MULLER, Dominique. 2002. Sustainable architecture and urbanism: concepts, Technologies, examples. Basel: Birkhauser. P.16

imagem, isto é, imagem que tenta refletir sobre a ideia de harmonia entre o meio ambiente e o edificado. As vantagens destes sistemas construtivos devem-se essencialmente ao facto de serem derivados da acumulação de conhecimentos mantidos ao longo de um grande período de tempo, testados exaustivamente e repetidamente. Deste modo, a arquitetura vernacular torna-se objeto de estudo pertinente para arquitetos low-tech, não só pelo domínio dessas técnicas, mas também como base de possíveis estratégias para responder às particularidades da região no que concerne nomeadamente, o clima, topografia e materiais.²³

A nível energético, a arquitetura low-tech enfrenta o problema ambiental apoiando-se essencialmente em sistemas passivos de controlo térmico, que permitam satisfazer as condições de conforto do habitante, evitando formas de funcionamento complexo. O objetivo é explorar sistemas que permitam uma adequação térmica natural, proporcionada por parte do edifício em si. Por outro lado e como consequência da sua base de pensamento, assenta principalmente na escolha e utilização de materiais locais. Uma vez que se evita o transporte de materiais específicos por alternativas mais próximas, os custos associados à deslocação são reduzidos fazendo com que o impacte ambiental seja menor.²⁴

O extremo do low-tech, designado também por “construção natural”, toma a forma de uma auto-construção sem a necessidade de arquiteto ou de qualquer profissional ligado à indústria da construção. Referimo-nos a espaços geralmente construídos pelo próprio dono e futuro habitante, familiares e amigos, ou pela comunidade em que se insere. Estas construções são, no fundo, uma tentativa de materialização das filosofias ambientais profundas.²⁵ Organizam-se geralmente em pequenas comunidades, nomeadamente as eco-vilas, em que há um isolamento da sociedade e uma mudança

²³ ALMEIDA, Eduardo José Marques. Desenhar a verde: Um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech. Tese de arquitetura. Universidade de Coimbra. Julho de 2012, p. 95-97

²⁴ *Ibidem*, p. 105

²⁵ Filosofia ambiental profunda ou *deep ecology*- “é um movimento ou um corpo de conceitos que considera os humanos não mais importantes do que outras espécies e que defende um reajuste radical correspondente das relações entre os humanos e a natureza.” Merriam-Webster. “Deep ecology.” <https://www.merriam-webster.com>. Acedido a 8-10- 2020



Figura 16- Crafts III, Arcosanti



Figura 17 – Abside de cerâmica



Figura 18 – Abside de Fundição

radical no estilo de vida, mais ligado à natureza. São quase sempre auto-suficientes em termos de energia, água e até comida.²⁶

O complexo Arcosanti do arquiteto Paolo Soleri, um seguidor de Frank Lloyd Wright, no Arizona, é um exemplo que se destaca. Em 1970, através da fundação Cosanti Soleri começa a construir Arcosanti no deserto do Arizona, uma cidade experimental baseada no seu protótipo de “arcologia” que define como uma fusão entre arquitetura com ecologia, como um processo integral, capaz de demonstrar uma resposta positiva aos vários problemas da civilização urbana, nomeadamente o crescimento populacional, poluição, esgotamento dos recursos naturais, energia, escassez de alimentos e qualidade de vida.

Arcosanti procura incorporar uma alternativa ao consumo excessivo através de um desenho urbano que funciona como um hiper-organismo. Um dos princípios de desenho do conceito de “arcologia” é a proximidade das habitações com as áreas de trabalho e lazer, possibilitando que a deslocação entre estes serviços seja por via pedonal, eliminando assim o uso do automóvel no centro da cidade e levando a um ambiente menos poluente e mais saudável para os habitantes. Outro dos princípios é definir um limite de crescimento, oposto à expansão urbana, onde as cidades são incrivelmente densas e as áreas rurais permanecem intocadas.

No que diz respeito às tecnologias, há um grande recurso a sistemas solares passivos que são utilizados constantemente, as formas em meia cúpula viradas a sul – abside de cerâmica e de Fundação (figura 17 e 18), os grandes painéis de vidro giratórios que permitem o aproveitamento do efeito de estufa, o uso de clarabóias de vidro (figura 16) que permite a entrada de sol no inverno e no verão são pintadas de branco para dar sombra, e o uso de estufas para aquecimento no inverno e produção de alimentos.²⁷

Esta proposta não se desenvolveu como previsto. Atualmente, só estão construídos 5% dos edifícios relativamente ao plano inicial, abrigando cerca de 100 pessoas, muito abaixo da visão de Paolo Soleri com 5000 pessoas. Porém, apesar de não ter resultado enquanto cidade, a visão do conceito de “arcologia” permitiu levantar questões importantes relativamente à maneira como pensamos a cidade e como interagimos com o meio ambiente.

²⁶ ALMEIDA, Eduardo José Marques. Julho de 2012. Desenhar a verde: Um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech. Tese de arquitetura. Universidade de Coimbra.P.97

²⁷ [em linha] consultado em <http://legacy.arcosanti.org/node/8395> a 16-09-2020



Figura 19 e 20 – Villa di Gioia, Bisceglie, Itália; pátio no piso térreo

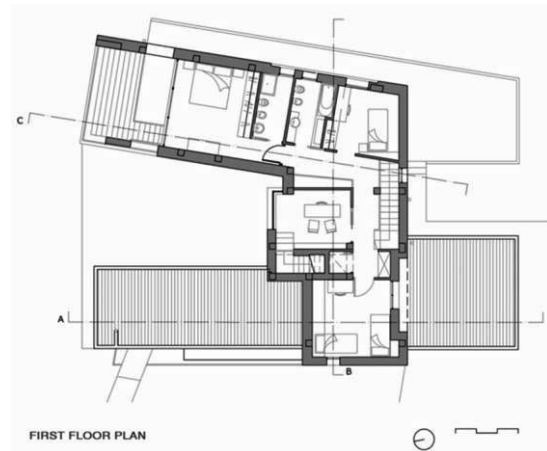
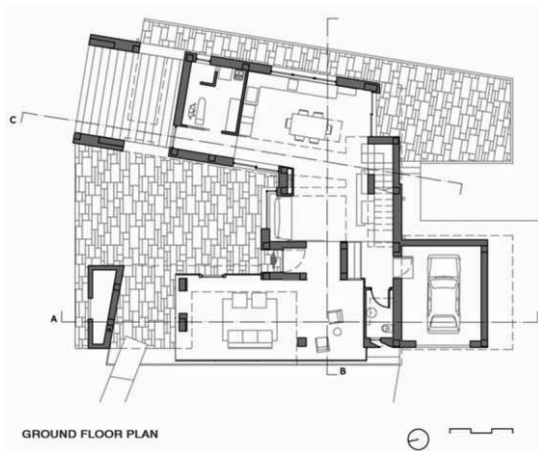


Figura 21 e 22– Planta do piso térreo e primeiro piso

PASSIVHAUS

Passivhaus é uma das normas mais conhecidas no contexto internacional, desenvolvida na Alemanha na década de 1980. A sua vantagem encontra-se na possibilidade de simplificar significativamente os sistemas ativos, pois a energia que se consome atualmente com a climatização e eletricidade, nomeadamente aquecimento de água e iluminação são a principal causa das emissões de dióxido de carbono ao longo do ciclo de vida das edificações. Esses consumos costumam ocupar o primeiro lugar como fonte de emissão de dióxido de carbono, superando a energia necessária para a extração e fabricação dos materiais, inclusive a energia necessária para a construção das edificações,²⁸ por isso é imprescindível reduzir ao máximo o uso dos sistemas ativos.

Segundo Micheel Wassouf, o desempenho passivo da edificação vai depender muito das necessidades de aquecimento e arrefecimento, que dependem das características passivas de um edifício, nomeadamente: a orientação solar, a compactidade, a proteção solar, o isolamento térmico, o isolamento das janelas, a estanqueidade do ar e aspetos relacionados com a ventilação. Alguns destes parâmetros da arquitetura passiva baseiam-se na arquitetura vernacular, porém, corresponde a uma interpretação moderna mais adequada aos padrões atuais de vida e desenvolvidos para satisfazer o conforto climático de um habitante contemporâneo durante o ano inteiro.²⁹

A habitação Villa di Gioia situada em Bisceglie (Apulia) na Itália, foi construída em 2011 seguindo as regras da norma passivhaus. É uma habitação que tenta reinterpretar a construção tradicional da região e está virada a norte, para obter o conforto térmico necessário. A casa dispõe de muita luz solar, principalmente o piso térreo com um pátio de grandes aberturas, que vai permitir a entrada do sol e aquecer a casa.³⁰

Relativamente as necessidades energéticas, são todas produzidas por um sistema de fotovoltaicos integrados no telhado, o aquecimento é produzido por uma bomba de calor, as janelas são de vidro triplo evitando qualquer passagem de ar e dispõe também de um sistema de ventilação de recuperação de calor e uma caldeira elétrica que produz água

²⁸ WASSOUF, Micheel. 2014 Da casa passiva à norma passivhaus. A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL. P.9.

²⁹ WASSOUF, Micheel. 2014. Da casa passiva à norma passivhaus. A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, SL. P.22.

³⁰ *Ibidem*, p.94

quente. Ou seja, neste projeto percebe-se que há um pensamento de uma arquitetura que gera interações entre os ambientes artificialmente concebidos e os ambientes naturais. Porém, ainda depende muito de sistemas ativos.³¹

Segundo Francisco Moita, um sistema passivo que capta a energia solar, é aquele que ao contrário dos sistemas ativos, capta naturalmente a energia térmica por convecção, condução e radiação, sem usar meios mecânicos. Apesar de o conceito da *passivhaus* ter em conta aos fatores da orientação, insolação, o impacto do vento, o foco incide muito na questão da necessidade de se isolar as fachadas, o cuidado redobrado na vedação das janelas, como no exemplo da habitação Villa di Gioia, ainda é muito dependente de sistemas ativos.

Com isto, resulta uma necessidade de pensar na arquitetura com base no estudo dos fenómenos termodinâmicos, que cujos princípios, formais e materiais, se baseiam na arquitetura vernacular.³² Conforme Francisco Moita, uma habitação eficientemente mais económica passa por não usar sistemas ativos, então é fundamental entender a parte mais dinâmica do sistema de uma habitação, tendo em conta a outros fatores como a a orientação do edifício, a insolação, a localização, a forma do edifício e a relação com o exterior, como o espaço interior é estruturado e ventilado e os tipos de materiais. Portanto, se a indústria da construção faz uma má gestão energética, então é preciso compreender como podemos aproveitar os recursos que nos são fornecidos gratuitamente, como o sol e o vento, e tirar partido destes para que as habitações se tornem mais económicas, sem ser necessário o uso de sistemas ativos de climatização. Neste sentido, a termodinâmica revelou-se o caminho mais indicado, neste estudo, para pensar a arquitetura sustentável, porque permite olhar para a edificação numa perspectiva mais completa, fazendo uma análise mais científica dos fluxos de energia do sol e do vento.

³¹ Villa Di Gioia / Pedone Working. 26 novembro de 2013. ArchDaily Brasil.

<https://www.archdaily.com.br/br/01-155955/villa-di-gioia-slash-pedone-working>. Acedido a 18-09-2020

³² MOITA, Francisco. Energia Solar Passiva 1. Direção-geral de Energia. Imprensa Nacional – Casa da moeda, E. P. Setembro de 1987. P.10

TERMODINÂMICA

Com a introdução do modelo convectivo do ar condicionado, o interior moderno viu surgir um conjunto de “produtos” mecânicos que levaram os arquitetos a projetar o espaço em torno desses sistemas, cedendo parte da sua capacidade de criar um projeto espacial integrador.³³ Partilhando da mesma leitura Kiel Moe afirma que os interiores modernos descartaram o potencial espacial e material para controlar o clima de forma passiva, tornando o ar condicionado uma tecnologia necessária para compensar a sua neutralidade termodinâmica.

A utilização desses “produtos” mecânicos ou melhor, sistemas ativos de climatização é o problema que interessa aqui abordar. Por exemplo, o ar condicionado é um aparelho que consome imensa energia, que segundo um artigo de Stephen Buranyi, uma pequena unidade que arrefece um único espaço da habitação, em média, consome mais energia do que quatro congeladores a funcionar, e enquanto que uma unidade central que arrefece uma casa “média”, consome mais energia do que quinze congeladores. Tanto o ar condicionado como outros produtos de consumo estão profundamente enraizados na sociedade moderna e isso está a levar a graves problemas, a título de exemplo, é a cidade de Nova York que num dia normal necessita de 10.000 MW (megawatts) por segundo, nos dias mais quentes pode exceder 13.000 MW por causa do ar condicionado. O que acontece é que esta dependência da energia em combinação com temperaturas elevadas pode gerar o sobreaquecimento do sistema, levando a apagões. Como no caso de Queens em Nova York, que em 2006, houve uma falha no sistema que deixou 175.000 pessoas sem energia durante uma semana, durante uma onda de calor que matou 40 pessoas.³⁴

Claro que não podemos comparar as necessidades energéticas de Nova York com Portugal e nem todos os países estão dependentes do ar-condicionado como Nova York. Porém, não é só Nova York que está a aquecer, é o mundo, e a grande ironia é que “quanto mais quente fica, mais usamos o ar condicionado e quanto mais usamos o ar

³³ ABALOS, Iñaki. Abalos + Sentkiewicz: Essays on Thermodynamics, Architecture and Beauty. New York: Actar Publishers, 2015. P.237

³⁴ Informação retirada de um artigo de BURANYI, Stephen. 2019. “The air conditioning trap: how cold air is heating the world. *The guardian*, a 29 de agosto de 2019. <https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/29/the-air-conditioning-trap-how-cold-air-is-heating-the-world>. Acedido a 16-10-2020

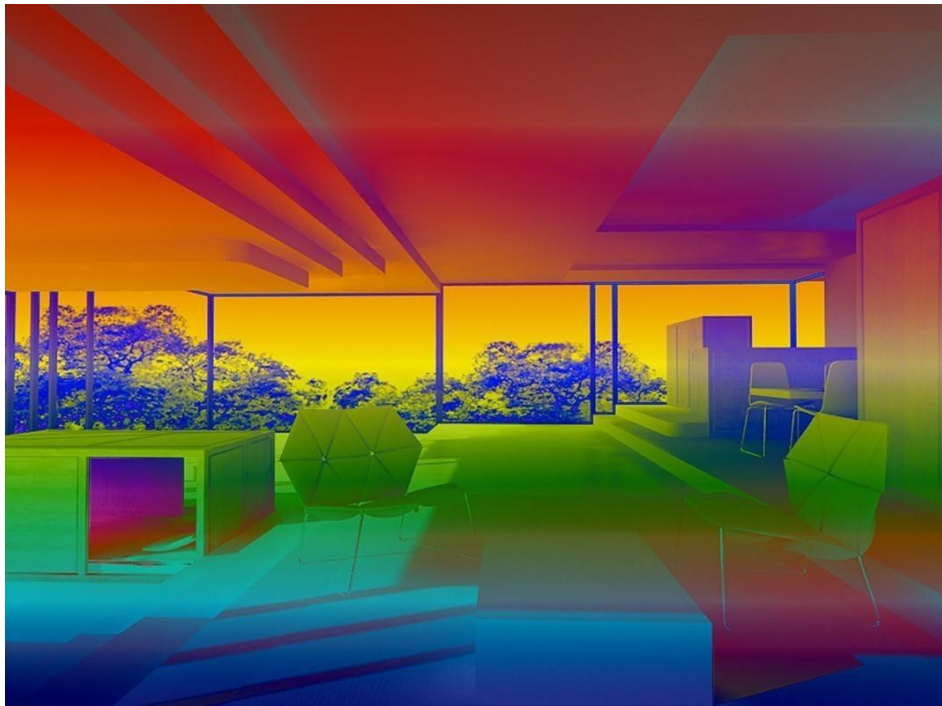


Figura 23– Phillippe Rahm. Projeto de um apartamento. Alemanha

condicionado, mais quente ele fica”³⁵. Ou seja, enquanto tentarmos “responder” ao problema do aumento da temperatura global com a compra de um ar-condicionado, só estamos a agravar a situação. Portanto, é imprescindível encontrar alternativas que nos permitam lidar com as mudanças do clima, sem recorrer ao ar condicionado nem qualquer outro produto para controlar o mesmo. Não só evitará o consumo desmesurado de energia, como também evitará a produção de CO₂ e eventual agravamento das mudanças climáticas.

É de salientar que a arquitetura moderna adquiriu um padrão espacial, material e atmosférico inovador, mas não conseguiu gerar um modelo ambientalmente correto. Segundo a perspectiva de Philippe Rahm:

*“A modernidade levou a espaços uniformes e consistentes nos quais a temperatura é regulada em torno de 21°C.”*³⁶

Seguindo esta leitura, pensar o espaço arquitetónico a partir de uma perspectiva termodinâmica é um “caminho para escapar da normalização e da homogeneização do espaço moderno.”³⁷ Esta ideia torna-se mais clara quando lida a partir do trabalho do arquiteto Philippe Rahm, o qual pensa a arquitetura e o urbanismo em função do clima. Ao invés de o foco ser puramente visual e funcional é mais atento a aspetos invisíveis relacionados à atmosfera do espaço, ou seja, acredita que a arquitetura se torna “um ‘fluxo’ que polariza os contrastes em diferentes escalas (quente/frio, baixo/alto,

³⁵ BURANYI, Stephen. 2019. “The air conditioning trap: how cold air is heating the world. *The guardian*, a 29 de agosto de 2019. <https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/29/the-air-conditioning-trap-how-cold-air-is-heating-the-world>. Acedido a 16-10-2020

³⁶ RAHM, Phillipe. Interior Gulf Stream. Housing and studio for Dominique Gonzalez-Foerster. Tradução da autora: *Modernity led to uniform, consistent spaces in which the temperature is regulated around 21 degrees*. <http://www.philipperahm.com/data/projects/interiorgulfstream/index.html>. Acedido a 19-08-2020

³⁷ RAHM, Phillipe. Interior Gulf Stream. Housing and studio for Dominique Gonzalez-Foerster. Tradução da autora: *“a route to escape from the normalization and the homogenization of the modern space*. <http://www.philipperahm.com/data/projects/interiorgulfstream/index.html>. Acedido a 19-08-2020

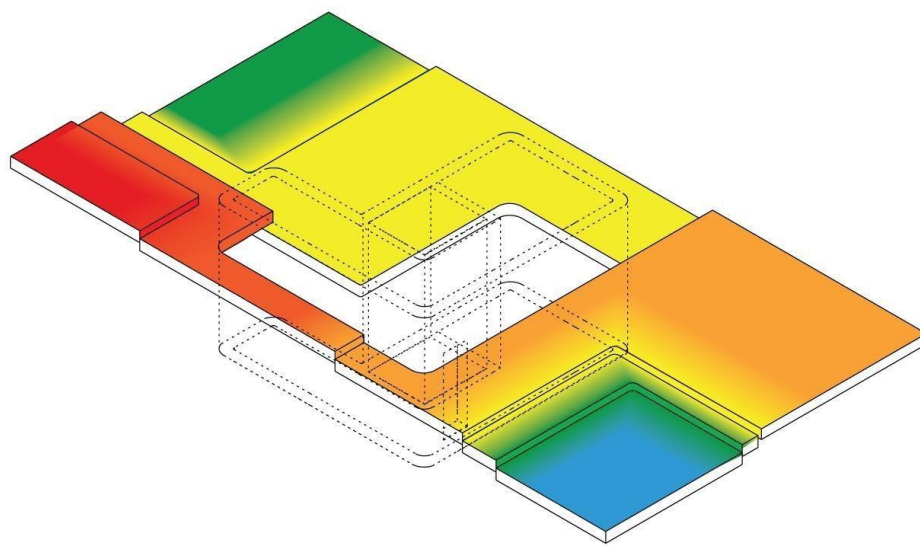


Figura 24 – Phillippe Rahm. Divisões do apartamento diferenciados pela sua necessidade de climatização. Alemanha

vestido/despido, interno/externo, repouso/ atividade),”³⁸ e, por isso, “não deve construir espaços, mas sim temperaturas e atmosferas.”³⁹

Muitas vezes, a diferença de temperatura pode chegar até aos 10°C entre o teto e o chão de um espaço habitacional, porém, essa diferença acaba por ser uma má gestão energética e atualmente é um problema perante a questão do aquecimento global, visto que as políticas de desenvolvimento sustentável lutam para que o consumo de energia das habitações seja reduzido ao máximo. Segundo Rahm, de acordo com as atividades físicas e a roupa que se veste a temperatura não precisa necessariamente de ser a mesma em todas as divisões da habitação. Por exemplo, se estivermos protegidos por um cobertor na cama, a temperatura do quarto pode ser reduzida a 16°C; na cozinha, se estivermos vestidos e fisicamente mais ativos, então a temperatura pode ser de 18°C; na sala, a temperatura deve rondar os 20°C porque apesar de estarmos vestidos normalmente não nos movimentamos. A casa de banho é talvez o espaço que deve ser mais quente na habitação porque não usamos roupa quando vamos tomar banho. Ou seja, o facto de a temperatura não precisar ser necessariamente a mesma em todas as divisões da habitação (figura 24), significa que se as temperaturas se mantiverem específicas a cada espaço da habitação, correspondendo às nossas necessidades de uso e hábito enquanto seres humanos, então é uma forma de reduzir consumos energéticos.

Para além de pensarmos nas necessidades de climatização de cada espaço interior, é preciso ter em conta que são vários os fatores que influenciam o bom desempenho termodinâmico de um edifício. A orientação e a forma do edifício, quando projetado de forma adequada recebe a quantidade desejada de radiação solar. Outro fator que se deve ter em consideração é a intensidade dos ventos dominantes do local, assim como os efeitos que produzem nas fachadas, “pela determinante influência que exercem no aumento da dispersão térmica”⁴⁰ (Figura 26). No entanto, para além desses fatores, a qualidade dos

³⁸ RAHM, Philippe. Thermodynamic Architecture.

http://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia08_046.content.pdf. Acedido em 15-01-2020. Tradução livre pela autora: *Architecture becomes a ‘Gulf Stream’ that polarises the contrasts on different scales (hot/cold, low/high, clothed/unclothed, internal/external, rest/activity)*. P. 49

³⁹ RAHM, Philippe. Thermodynamic Architecture.

http://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia08_046.content.pdf. Tradução livre pela autora: *Architecture should no longer builds spaces, but rather create temperatures and atmospheres*. P.47

⁴⁰ MOITA, Francisco. Setembro de 1987. Energia Solar Passiva 1. Direção-geral de Energia. Imprensa Nacional – Casa da moeda, E. P. P.42

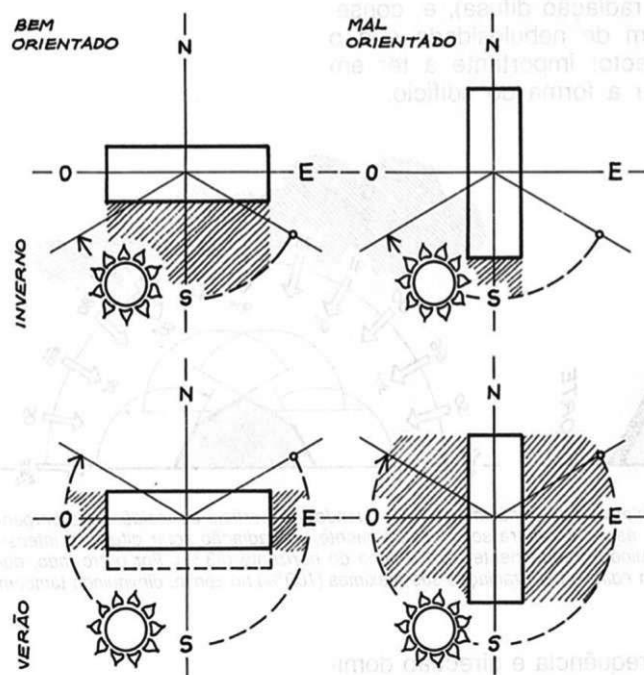


Figura 25- Francisco Moita. Representação esquemática da radiação nas fachadas de um edifício no verão e inverno. 1987

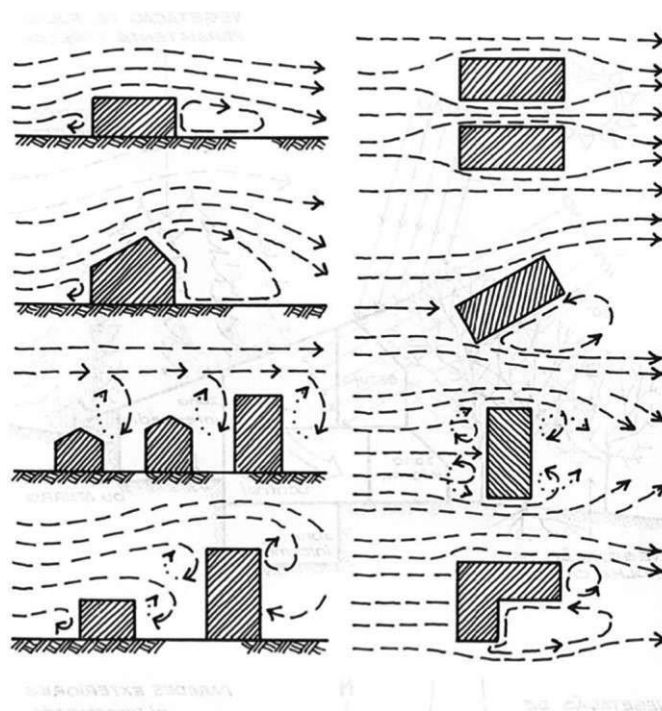


Figura 26- Francisco Moita. Efeitos provocados pelos ventos dominantes num edifício. 1987

materiais é um fator imprescindível para se aproveitar esses ganhos de calor, que segundo Germán: “enquanto a orientação e a forma da construção controlam quantitativamente a quantidade de radiação solar, os materiais controlam qualitativamente os seus efeitos.”⁴¹

Segundo o arquiteto Javier Germán “o fluxo termodinâmico ocorre sempre que há uma diferença de energia, de temperatura, pressão ou altura entre dois sistemas”⁴² e existem três tipos de trocas termodinâmicas que ocorrem na arquitetura: a primeira ocorre quando os edifícios estão sujeitos a um fluxo bidirecional contínuo de energia com a sua envolvente; a segunda no interior dos edifícios que ocorre entre o fluxo energético dos materiais do edifício e o ambiente interior; por último, as trocas de energia entre o corpo humano e o ambiente que o envolve define o terceiro ambiente termodinâmico. As tipologias vernaculares são um bom exemplo para se compreender esta ideia, pois exibem uma conexão precisa entre o espaço interior e as considerações materiais. As paredes exteriores controlam o clima exterior e interior, regulando os fluxos de calor que entram e saem; o espaço interior controla os fluxos de calor no tempo, controlando as suas taxas de armazenamento e dissipação. Ou seja, as interações termodinâmicas entre a estrutura e o ambiente interior são controladas pela organização espacial e material. Os espaços eram construídos e articulados de acordo com as suas necessidades de climatização e os materiais construtivos desempenharam um papel muito importante, determinando a sua capacidade térmica de armazenar calor e a taxa em que o calor é absorvido e libertado.⁴³

Portanto, para além dos fatores da orientação solar, da forma do edifício, dos ventos dominantes, a importância do material surge como um fator imprescindível para que os outros restantes fatores resultem. Por exemplo, se tivermos um edifício adequado relativamente à orientação solar, mas não tivermos um material construtivo com a capacidade de armazenar todos os ganhos solares para depois poder libertar todo esse calor para minimizar as diferenças de temperatura entre o exterior e interior, então a questão da orientação solar não vai ter o mesmo efeito.

⁴¹ GERMÁN, Javier- García. Entornos termodinámicos. Uma cartografia crítica em torno a la energia y la arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica superior de Arquitectura. 2014 Tradução da autora: “(...) whilst orientation and building form control quantitatively the amount of sun radiation, materials control qualitatively its effects.” <http://oa.upm.es/34326/>. Acedido a 22-08-2020. P. 56

⁴² *Ibidem*, p. 90. Tradução livre pela autora: “Thermodynamic flow occurs whenever there is an energy difference- a temperature, pressure or height gradient – between two systems.”

⁴³ *Ibidem*, p.66

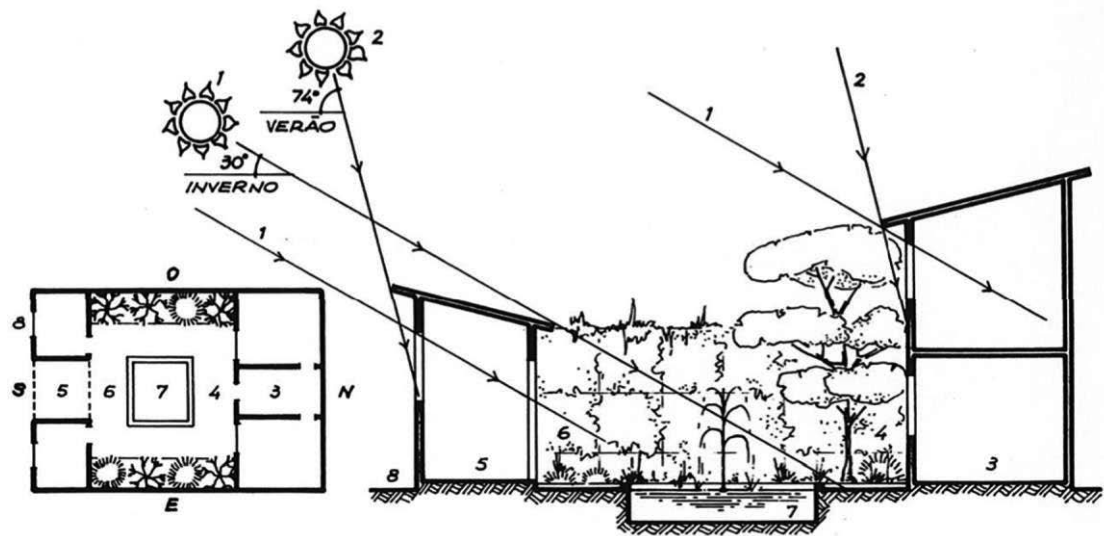


Figura 27 - Francisco Moita. Habitação particular dos romanos “casa-átrio”. 1987

No capítulo anterior, tentou-se compreender a evolução do conceito de sustentabilidade na arquitetura, porém, as origens da sustentabilidade remontam ao início da arquitetura no planeta, onde a necessidade de construir para abrigar, proteger e criar níveis de conforto aceitáveis já eram fatores a ser considerados, e que ainda permanecem hoje. A própria ideia de abrigar, deriva da necessidade de segurança física, de amenizar os efeitos negativos das condições adversas do meio ambiente e de proporcionar um local de habitação e, ao longo dos séculos, várias culturas tentaram integrar a forma arquitetônica como uma resposta às diferentes condições climáticas locais.⁴⁴ Segundo Francisco Moita, nos tempos em que surgiu a necessidade de o homem se abrigar ainda não se tinha noção do conceito de energia térmica, nem tão pouco se conheciam os princípios da termodinâmica, mas “na habitação tinha-se a noção exacta, por via sensitiva, da relação existente entre o clima, a forma e o material de construção e o bem-estar físico”⁴⁵ e muitas dessas gerações foram precisas para que as comunidades das mais diversas culturas chegassem, por via da experimentação, à criação de formas e maneiras de construir com estilo e características próprias e relacionadas com os diferentes tipos de clima e diversas características geográficas.

A preocupação com estes fatores já existia desde os tempos mais remotos, por exemplo, os romanos foram o primeiro povo a consagrar juridicamente o direito ao sol e os seus edifícios obedeciam a regras de construção de acordo com a localização geográfica. Na figura 27, podemos ver um modelo de “casa-átrio” que foi o reflexo dessa preocupação, onde o sol incide de maneira diferente no verão e no inverno, e era controlado através de janelas e sombreamentos devidamente dimensionados. As funções mais privadas desenvolviam-se no edifício de dois pisos, sem janelas a norte para manter a privacidade e controlar as perdas de calor, e a fachada sul virada para o interior do pátio com vegetação que controla sazonalmente a radiação solar no edifício.⁴⁶ Portanto, numa abordagem mais específica, as ideias da sustentabilidade passiva derivaram de um diálogo e colaboração entre a fisiologia e o clima, entendendo como o habitante e o espaço envolvidos por experiências térmicas. Este conhecimento acerca da relação

⁴⁴ TABB, Philippe James; A. Senem Deviren. 2016. *The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design*. Routledge: Taylor & Francis Group. London and New York. P. 2

⁴⁵ MOITA, Francisco. *Energia Solar Passiva 1*. Direção-geral de Energia. Imprensa Nacional – Casa da moeda, E. P. Setembro de 1987. P.9

⁴⁶ *Ibidem*, p.11

entre o clima e fisiologia tinha por objetivo produzir espaços adequados a certa fisiologia humana, evoluindo ao longo de milénios e alcançando o desenvolvimento que hoje chamamos de interações termodinâmicas.

*“Como uma construção espacial e material, a arquitetura pode capturar, transportar, armazenar e libertar energia e, assim, modular os fluxos de energia que a atravessam.”*⁴⁷

⁴⁷ GERMÁN, Javier- García. Entornos termodinâmicos. Uma cartografia crítica em torno a la energia y la arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica superior de Arquitectura. 2014 Tradução da autora: *“As a spatial and material construct, architecture can capture, transport, store and release energy, and thus modulate the flows of energy which traverse it.”* <http://oa.upm.es/34326/>. Acedido a 22-08-2020. P.90

II. ARQUITETURA VERNACULAR ENQUANTO ARQUITETURA TERMODINÂMICA

*A herança vernacular construída é importante; é a expressão fundamental da cultura de uma comunidade, da sua relação com o território e, ao mesmo tempo, a expressão da diversidade cultural do mundo.*⁴⁸

A arquitetura vernacular está quase sempre associada à simplicidade, à economia e a um sentido de comunidade. A arquitetura vernacular deve ser compreendida como um símbolo de fenómenos sociais, económicos e políticos.⁴⁹ Mais do que uma arquitetura que difere de região para região, devido às suas relações próximas com ambientes geograficamente limitados e, pela forma como a multiplicidade de condicionantes ambientais, sociais, histórico-culturais e económicas atuam diretamente na forma arquitetónica,⁵⁰ não deve ser compreendida como uma entidade passiva e estanque, muito pelo contrário, a arquitetura vernacular é caracterizada por uma lógica experimental e evolutiva.

A variedade de expressões locais na arquitetura vernacular, resultantes de uma adaptação às condições particulares de cada região, vai se evidenciando sobretudo pelas técnicas e materiais locais, pela adaptação ao clima, à cultura, aos hábitos e a atividade económica de cada família,⁵¹ resultando em formas de construir distintas. A maioria são construções que foram sendo aperfeiçoadas ao longo de várias gerações e construídas com os escassos recursos da época, reflexo de um tempo que demonstra a capacidade que o ser humano tinha em se adaptar às adversidades e, ao mesmo tempo tirar proveito das

⁴⁸ ICOMOS, Monuments and sites. Vernacular architecture. 2002. ISBN: 3-87490-678-7. Disponível em: http://openarchive.icomos.org/546/1/MS_No_V.PDF. Tradução livre pela autora: “*The built vernacular heritage is important; it is the fundamental expression of the culture of a community, of its relationship with its territory and, at the same time, the expression of the world’s cultural diversity.*” P.11

⁴⁹ MOTA, Nelson. An Archeology of the Ordinary: Rethinking the Architecture of Dwelling from CIAM to Siza. Tese de Arquitetura, Delft University of Technology. 2014. P. 21

⁵⁰ ROAF, Sue; Fuentes, Manuel; Thomas, Stephanie. 2006. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman.

⁵¹ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. Arquitetura Popular em Portugal. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. p.124

mesmas para dar respostas face às suas necessidades, essencialmente na reutilização e na potencialização dos poucos recursos. Na medida em que a velocidade da mudança dos paradigmas energéticos e ambientais aumentam cada vez mais, torna-se importante analisar a “herança vernacular” portuguesa, pois apresenta numerosas diferenças climáticas e geográficas transmitidas para a arquitectura com as quais muito podemos aprender no sentido de pensar a sustentabilidade da disciplina.

O presente trabalho estuda exemplos de arquitectura vernacular para o desenvolvimento do conhecimento da arquitectura enquanto sistema construído de estímulos externos, sejam eles de carácter humano ou ambiental. Em particular, desenvolve-se aqui o estudo de soluções construtivas vernaculares de algumas comunidades transmontanas, através do inquérito da *Arquitectura Popular em Portugal*. Este documento histórico, permitiu-nos consciencializar do impacto do desenho arquitectónico nos modos de vida e no ambiente e retirar estratégias alternativas para uma arquitectura contemporânea mais sustentável, a nível social, ambiental e económico, através da relação entre a arquitectura, o ser humano e o território encontrada no património vernacular.

Como brevemente abordado no capítulo anterior, o estudo da sustentabilidade energética requer focar um grupo de categorias de análise específicas. A orientação e insolação, a redução das perdas de calor, a ventilação, o uso de materiais e a gestão de recursos. Estes critérios revelaram-se essenciais para fazer sentido do estudo da arquitectura vernacular enquanto sistemas termodinâmicos, mas também para dar resposta ao problema central do presente trabalho: a insustentabilidade na gestão energética do edificado. Estes critérios não sendo suficientes para cobrir a totalidade das exigências energéticas do edifício, destacam-se como o caminho mais direto para pensarmos a sustentabilidade energética na construção.⁵² É pois crucial aprofundar cada um destes critérios e compreender de que forma podem atenuar a crescente mudança energética e ambiental, para de seguida desenvolver a análise dos exemplos de arquitectura vernacular.

⁵² MOURÃO, Joana; Pedro, João Branco. 2012. Princípios de edificação sustentável. 1ªed. Lisboa: LNEC.

CRITÉRIOS DE ANÁLISE TERMODINÂMICOS

A orientação solar de um edifício e a compreensão da necessidade de insolação de cada espaço da habitação são fatores imprescindíveis que podem ajudar ou comprometer o desempenho energético e o conforto térmico de toda a construção, como também pode proporcionar aos habitantes uma sensação agradável ou desagradável nos espaços. Todavia, a orientação solar não é um fator que possa ser analisado da mesma maneira em todo o mundo. Um edifício no hemisfério norte não recebe a mesma quantidade de luz que no hemisfério sul, assim como um edifício que está mais próximo da linha do equador não vai ser igual a um edifício que esteja mais afastado. Por exemplo, o território português apesar de não ser muito grande, o seu formato e a sua topografia levam a que entre o Norte e o Sul, e o litoral e o interior, o grau de humidade e as diferenças térmicas sejam grandes. Portanto, importa ter em consideração todas as especificidades de cada região e compreender que tudo muda conforme a mesma e a estação do ano. Por isso, para que os edifícios tenham uma orientação solar adequada, são vários os aspectos que precisam ser analisados.

Se queremos pensar em sustentabilidade é preciso conhecer as particularidades específicas de cada quadrante (norte, sul, este, oeste) na medida em que a exposição solar condiciona o conforto e o respetivo consumo energético. A situação topográfica do terreno, nomeadamente em que tipo de relevo está inserido (montanha, planalto, planície, vale) e encontrar alternativas que aproveitem da melhor forma possível o traçado natural do terreno. De forma a evitar a necessidade de grandes cortes ou escavações, visto que movimentar grandes volumes de terra e construir estruturas de contenção implica o uso de máquinas e materiais construtivos. O betão, por exemplo, é um material que gera grandes quantidades de dióxido de carbono e grandes consumos energéticos. O tipo de vegetação da região, é também importante, por exemplo se se tratar de uma casa com um jardim que possui demasiada exposição solar então podemos recorrer ao uso de uma árvore de folha caduca, de preferência da região, que reduza a luz solar no verão, salvaguardando o período de inverno que é quando as folhas caem e se necessita de maior radiação solar. Neste caso, a pegada ecológica é muito menor se utilizarmos um recurso natural da região ao invés de se instalar persianas ou outro tipo de solução que implicam muitos consumos energéticos para serem desenvolvidas e para serem transportadas para a obra. Outro aspecto a considerar é o estudo dos ventos dominantes, para que no momento de projetar se evitem a criação de espaços que recebam ventos em excesso ou

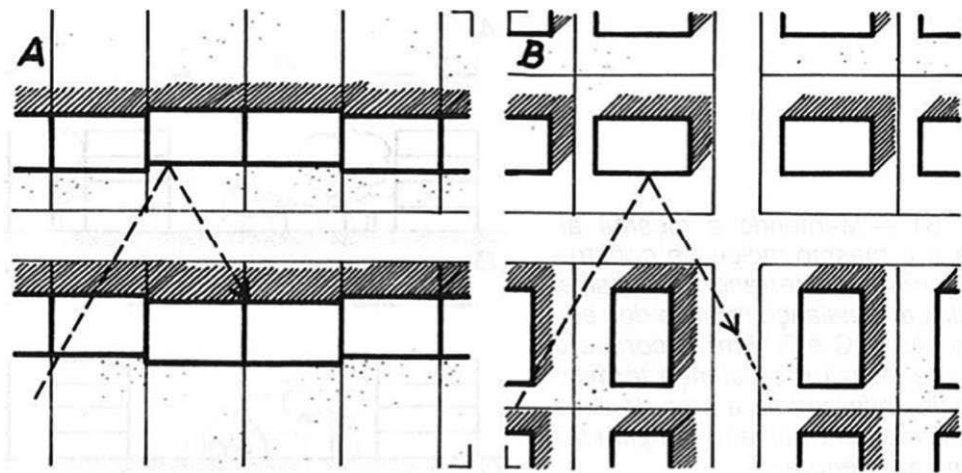


Figura 28- Francisco Moita. 1987. Edifícios em banda (A) e isolada (B).

espaços que não recebam nenhum. Ao mesmo tempo, é preciso encontrar soluções que controlem e façam proveito desse recurso renovável, evitando a utilização de sistemas mecânicos para controlar a ação do mesmo. Portanto, são diversos os aspetos que devem ser considerados quando estamos a projetar um edifício, porém, nem sempre é possível orientar perfeitamente os edifícios de maneira ortogonal em relação aos eixos cardeais, tudo depende das restrições espaciais, da orientação do terreno ou até mesmo da legislação local, mas o importante é que estes fatores por mais simples que pareçam, vão influenciar diretamente o desempenho ambiental e o conforto térmico de uma construção.

A redução das perdas térmicas dos edifícios é também um dos fatores determinantes para o desempenho ambiental de uma habitação, essencialmente em regiões onde os invernos são mais intensos. Para evitar que isso aconteça é preciso ter em conta não só a todos os aspetos mencionados no fator da orientação, como também a forma do edifício. Quanto mais um edifício apresente formas complexas, mais irregularidades e mais variações volumétricas (isto não quer dizer que não sejam edifícios bonitos e apelativos), mais prejudicial o projeto pode ser a nível da sustentabilidade. Melhor dizendo, quanto mais paredes estiveres expostas com o ambiente exterior, mais necessidade haverá de isolamento térmico, no caso de edifícios inseridos em climas frios. Outro problema também que poderá ocorrer é o desperdício de material construtivo devido ao excesso de cortes que normalmente necessitam, para além da dificuldade de executar na mão-de-obra. Outro aspecto importante é a compacidade do edifício, quanto menos áreas estiverem em contato direto com o exterior, menores serão as possibilidades de o edifício perder calor para o exterior. Isto permite não só melhorar as condições de conforto interiores, como também reduzir o consumo energético para manter o espaço aquecido. Por exemplo, ter edifícios em banda como no exemplo A, da figura 28, há partida terá um melhor desempenho térmico do que o exemplo B, porque o número de fachadas expostas ao exterior é menor. O número de vãos é também outro aspecto importante, visto que é onde ocorrem a maioria das perdas térmicas da habitação.

Outro fator importante é a ventilação. Em Portugal a maioria dos edifícios sofre de infiltrações de ar muito elevadas, levando a desnecessárias perdas térmicas do ambiente interior,⁵³ o que acontece na maioria das vezes para compensar essas perdas

⁵³ Segundo Francisco Moita, a “infiltração de ar” não é a mesma coisa que “ventilação natural”, enquanto o primeiro implica uma situação de desconforto causada principalmente pela deficiência da construção, o segundo é um ato voluntário dos habitantes na busca de um ambiente mais confortável.

térmicas, as pessoas recorrem à introdução de sistemas ativos, aumentando assim o consumo energético da habitação. No entanto, ao pensarmos na sustentabilidade, temos de pensar em ventilar os espaços de uma habitação de forma natural, de forma a reduzir o consumo energético de sistemas ativos de climatização, como o ar condicionado. E para que isso aconteça é preciso analisar um dos aspetos anteriormente mencionados, os ventos dominantes da região, para se compreender qual dos eixos cardeais é mais indicado para implementar aberturas que possam facilitar a renovação natural do ar no interior das habitações. Outros aspetos que podem interferir diretamente com este fator é a topografia do terreno, as construções adjacentes e a vegetação.

A escolha dos materiais de construção e das suas formas de aplicação é também um dos fatores determinantes para o desempenho ambiental de uma habitação. Os materiais incorporados são geralmente divididos em materiais naturais, artificiais e sintéticos, consoante a sua origem e tipo de processamento. No entanto, esta divisão não é suficiente para se fazer uma seleção adequada dos materiais para uma habitação ambientalmente sustentável. Na realidade não existem materiais sustentáveis, mas sim formas sustentáveis de os utilizar na construção.⁵⁴ Não há um material completamente sustentável, todos eles têm o seu impacto, a questão é o consumo que podemos fazer desse material e o impacto desse consumo em determinada ecologia. Se queremos pensar em sustentabilidade temos que pensar em todos os pontos em que o produto toca, em todos os aspetos da sua cadeia de valor desde a produção (extração, fabrico, transporte), o uso (desgaste, manutenção, função construtiva) e o destino final quando esgotado o tempo de vida do material (demolição, reciclagem). É importante analisar os fatores que determinam as qualidades de um determinado material, o modo como os materiais são incorporados no projeto e compreender a energia incorporada de um material. Para isso, é preciso considerar a energia usada para a extração de materiais brutos, transporte, processamento, energia usada na fabricação, transporte ao local e a energia usada para instalar o produto.⁵⁵ São diversos os fatores que devem ser considerados na escolha dos materiais e é incerto que regras absolutas possam ser feitas para todas as situações.

⁵⁴ MOURÃO, Joana; Pedro, João Branco. 2012. Princípios de edificação sustentável. 1ªed. Lisboa: LNEC. P.128

⁵⁵ ROAF, Sue; Fuentes, Manuel; Thomas, Stephanie. 2006. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman. P. 54

A gestão eficiente dos recursos é um fator imprescindível para dar resposta ao consumo desmesurado da sociedade moderna. Portugal é um país pobre em recursos energéticos de origem fóssil, dependendo maioritariamente de importações. Segundo o que consta no Relatório do Estado do Ambiente “à medida que as economias crescem, tendem a usar mais recursos - tanto recursos biológicos renováveis, como stocks não-renováveis de minerais, metais e combustíveis fósseis. Impulsionada pelo desenvolvimento industrial e tecnológico e a evolução dos padrões de consumo, a extração de recursos aumentou 10 vezes desde 1900 e pode duplicar novamente até 2030”⁵⁶, sendo assim é fundamental encontrar soluções mais racionais e de longo prazo. No contexto deste trabalho, é importante compreender como as comunidades transmontanas utilizam os materiais construtivos de cada região e de que forma é que minimizam o consumo dos mesmos, como é feito o acabamento das coberturas, das paredes e dos pavimentos e como é feita a flexibilidade e adaptabilidade dos espaços da habitação.

SOLUÇÕES E ESPAÇOS SUSTENTÁVEIS TRANSMONTANOS

O *Arquitetura Popular em Portugal*, produzido entre 1955 e 1961, é um levantamento extenso e detalhado de arquitetura vernacular Portuguesa que surgiu da vontade de um grupo de jovens arquitectos de “fazer face, à pretensão do regime, que continuava a impor a elaboração de um “estilo” ou de “estilos nacionais.”⁵⁷ O objetivo deste registo foi defender a arquitetura moderna, a necessidade de fazer moderno. A sua análise da arquitetura vernacular foi, pois, determinada por um enfoque estilístico e formal, sugerindo que se procurasse na arquitetura vernacular uma forma nacional e regional de fazer moderno.⁵⁸ Neste processo de procura de uma identidade para formas

⁵⁶ FERNANDES, Ana Cristina *et al.* Junho de 2018. Relatório do Estado do Ambiente: Portugal 2018. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-antiores?language=pt-pt> . Acedido a 23-09-2020. P. 20

⁵⁷ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitetura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. Vol.1. Prefácio da 2ª edição.

⁵⁸ LEBRE, Rui Aristides Bixirão Neto Marinho. 2016. *From the organization of space to the organization of society: a study of the political commitments in post-war Portuguese architecture, 1945-69*. Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra.

modernas, os arquitectos responsáveis pelo levantamento registaram de forma detalhada e ricamente ilustrada as várias arquitectura vernaculares no país à época, fazendo do *Arquitectura Popular em Portugal* um registo único da história da arquitectura popular. Este registo único é aqui usado exactamente nesta categoria de levantamento detalhado e rico de um país que já não existe, mas com o qual ainda temos muito a aprender.

O levantamento detalhado da construção popular portuguesa, foi realizado de norte a sul do país, e para a sua realização foram criadas seis equipas de arquitetos para procederem a um estudo exaustivo nas seis regiões, nomeadamente, Minho, Trás-os-Montes, Beiras, Estremadura, Alentejo e Algarve. Relativamente ao processo de trabalho, não houve uma preparação metodológica e teórica das equipas e isso levou a uma diversidade de abordagens entre as equipas. Os resultados do inquérito exibem isso mesmo, onde há “um maior interesse pela história e pelas formas de povoamento da equipa do Minho, diálogos mais próximos da arquitetura com as realidades socioculturais em Trás-os-Montes, o cuidado na abordagem cartográfica e tipológica pela equipa das Beiras, a preocupação metodológica dos arquitetos que trabalharam na Estremadura, a ênfase tecnológica do levantamento no Alentejo e a primazia da estética moderna no olhar da equipa do Algarve.”⁵⁹ Porém, existem preocupações comuns entre as equipas, nomeadamente os “modos de ocupação do território, estruturas de povoamento, materiais e técnicas de construção, condições geoclimáticas, questões económicas e de organização social, hábitos e costumes, valores plásticos e formais.”⁶⁰

O inquérito surge neste trabalho como explicado na introdução, como um registo enquanto mecanismo ecológico, como uma base de dados empíricos que embora datados, permitem um estudo aprofundado de soluções vernaculares da arquitetura, nomeadamente de como estas nos ajudam a pensar o desafio de uma arquitetura energeticamente sustentável. Nas secções seguintes, estudamos alguns exemplos de arquitetura vernacular levantados no inquérito a partir de uma perspectiva termodinâmica, tal como defendida no capítulo anterior, considerando os critérios de análise.

Em particular analisamos exemplos da região de Trás-os-Montes. A equipa de Lixa Filgueiras aborda mais diretamente um método etnográfico e representativo, a única

⁵⁹ PRISTA, Marta Lalanda. A memória de inquérito na cultura arquitetónica portuguesa. Centro em Rede de Investigação em Antropologia. Universidade Nova de Lisboa. <https://run.unl.pt/handle/10362/21419>. Acedido a 23-10-2020. P. 275-276

⁶⁰ *Ibidem*.

equipa que inclui materiais de relatos na primeira pessoa, com mais fotos das pessoas nas suas tarefas diárias, dos animais e objetos do quotidiano. O estudo desta equipa aprofunda mais os costumes, as formas de produtividade agrícola, a organização familiar e comunitária.⁶¹ Na introdução desta região podemos ler: “para cada caso, procuraremos reconhecer o seu ambiente natural, saber da sua gente, como vive e de quê, entrar no espaço das suas casas e descobrir a ordem que lhes puseram, compreender os materiais dominantes sob as formas em que os talharam.”⁶²

Cada caso começa com uma localização geográfica geral, depois muda para uma visão reduzida da aldeia, e por fim, para a habitação, “preenchendo os intermediários com descrições da vida diária, fatores económicos, informações históricas de vários tipos.”⁶³

Neste sentido, todo o material publicado de Trás-os-Montes permite-nos estudar as aldeias de acordo com os critérios de análise termodinâmicos, mencionados na secção anterior. O estudo segue a mesma lógica apresentada no inquérito, ou seja, primeiro, apresentamos a análise de três aldeias estudadas em Trás-os-Montes, desenvolvendo o contexto em que cada uma se insere na época de 1957-58. Depois, abordamos de maneira geral, como as pessoas viviam. Mais detalhadamente, abordamos a habitação tendo em conta aos critérios de análise termodinâmicos (orientação solar e insolação, redução das perdas de calor, ventilação, uso de materiais locais e gestão dos recursos). Nesse sentido, tentou-se compreender como as habitações se organizavam a nível espacial e material e como se relacionavam com a envolvente. Além disso, tentou-se compreender as estratégias que usavam para aquecer e arrefecer o interior das habitações, quais os materiais dominantes, de que forma eram usados e como era feita a gestão e o aproveitamento dos recursos. Por fim, procuramos resumir as estratégias encontradas na arquitetura vernacular em Trás-os-Montes que podem ser aplicadas na arquitetura

⁶¹ LEBRE, Rui Aristides Bixirão Neto Marinho. 2016. From the organization of space to the organization of society: a study of the political commitments in post-war Portuguese architecture, 1945-69. Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra. P.153

⁶² ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. Arquitectura Popular em Portugal. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.118

⁶³ LEBRE, Rui Aristides Bixirão Neto Marinho. 2016. From the organization of space to the organization of society: a study of the political commitments in post-war Portuguese architecture, 1945-69. Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra. P.153

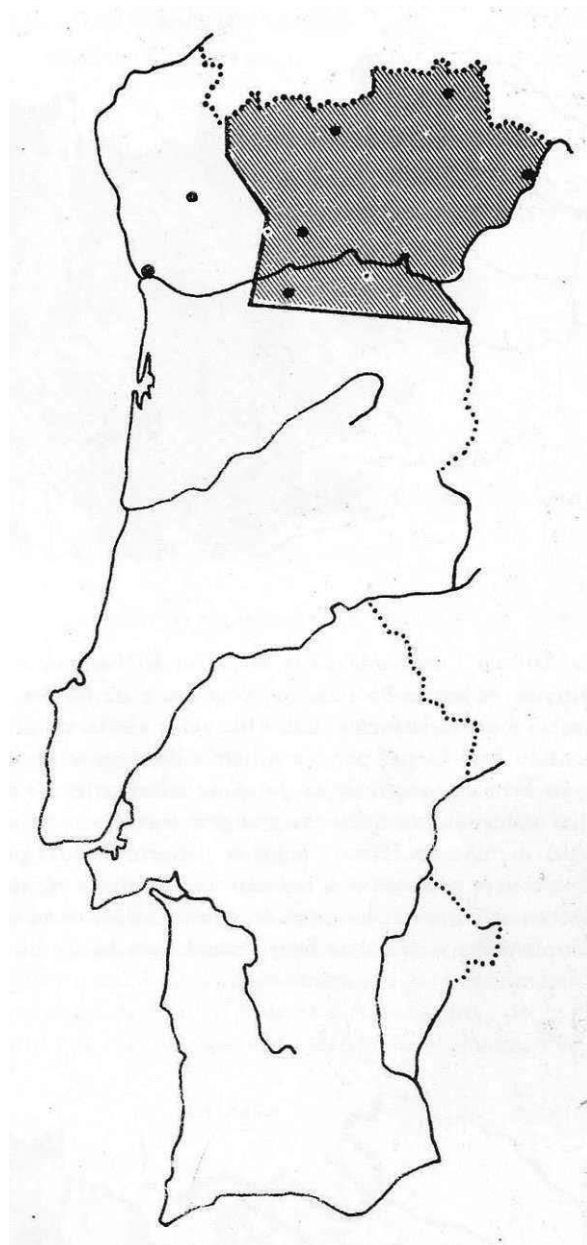


Figura 29 –Região de Trás-os-Montes

contemporânea para assim reduzir o problema central deste trabalho, o consumo energético excessivo das habitações.

TRÁS-OS-MONTES

A região de Trás-os-Montes, é uma região montanhosa caracterizada pela sua diversidade de relevo e do clima, onde a altitude, a temperatura, a pluviosidade, o solo, variam conforme a localização geográfica. O clima é marcado pela influência atlântica e continental e pelas grandes diferenciações térmicas, relacionado com as grandes diferenças de altitudes dos vales que a dominam. As áreas planálticas são de muito frio e as áreas mais quentes e profundas do Douro. Essas diferenças altimétricas e climáticas definem duas subdivisões regionais que tão bem se evidenciam: a Terra Fria e a Terra Quente. A Terra Fria abrange as “elevadas altitudes planálticas do Norte e Nordeste”⁶⁴, onde o clima apresenta invernos bastante rigorosos, com chuva abundante e neve e o verão é de muito calor e secas. A Terra Quente recebe “pelo Douro as correntes térmicas do interior, além de estender ao Sol um largo leito xistoso.”⁶⁵

No que diz respeito à implantação de habitações em Trás-os-Montes, o local onde as comunidades se inserem e a maneira como se organizam são reflexo das várias influências climáticas, sociais e económicas. Na região do Norte são considerados dois tipos de povoamento: disperso e aglomerado. O povoamento disperso é muito comum na região do Minho, geralmente composto por um conjunto de construções que servem de base à exploração agrícola familiar, enquanto o povoamento aglomerado se encontra mais no interior, mais especificamente em Trás-os-Montes, composto por um pequeno grupo de habitações inseridas nos declives de serras ou no cimo dos montes, onde a habitação se aglomera e ao mesmo tempo se distancia dos campos de cultivo.⁶⁶

Consoante a localização geográfica, existem várias tipologias de habitação, com características próprias consoante o clima, a geologia, a ocupação e os recursos disponíveis. No caso de Trás-os-Montes, os materiais mais comuns de construção,

⁶⁴ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1, p.124

⁶⁵ *Ibidem*.

⁶⁶ MOUTINHO, Mário. 1979. *A arquitectura popular portuguesa*. Lisboa: Editorial Estampa, Lda.p.41

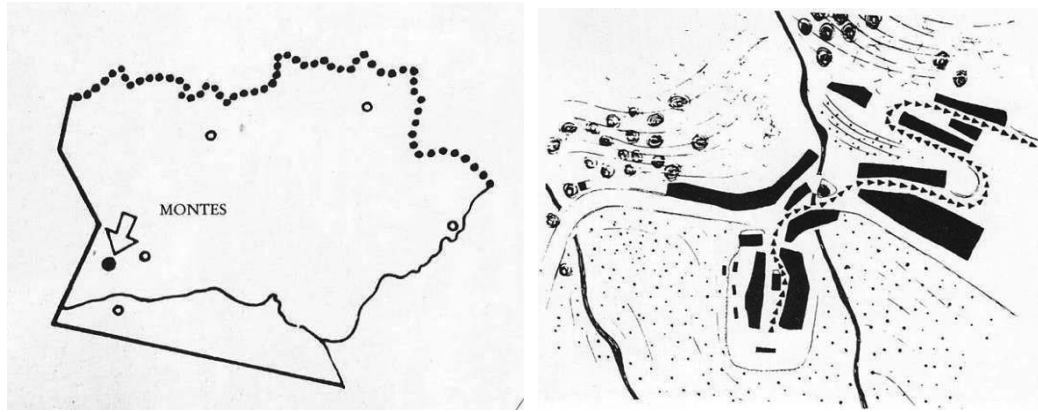


Figura 30 e 31- Localização geográfica e esquema do povoamento da aldeia de Montes



Figura 32 –Aldeia de Montes, distrito de VilaReal



Figura 33 – Aldeia de Montes, distrito de VilaReal

dependendo do local era o granito e o xisto, sem argamassa e reboco. As coberturas, eram em colmo ou telha vã fabricada artesanalmente, placas de xisto ou lousa.

No presente trabalho, optou-se por três aldeias específicas do inquérito. A primeira aldeia inserida numa montanha (Montes), a segunda num vale (Rio de Onor) e a terceira num planalto (Ifanes). O objetivo é poder abarcar diferentes tipos de relevo, diferentes condições climáticas e compreender como cada comunidade dava resposta face aos critérios de análise termodinâmicos, mencionados anteriormente.

MONTES

No Marão, no concelho de Vila Real, situa-se a aldeia de Montes (figura 30) com 28 fogos na altura do trabalho de campo do inquérito, que está inserida num vale orientado a sul, tentando tirar proveito do “vale ondulante, extenso e fértil” (figura 32 e 33) para se proteger dos ventos do inverno rigoroso e, ao mesmo tempo, rentabilizar todos os ganhos solares. As casas da aldeia implantam-se em função da topografia, adaptando-se ao declive dos montes, de forma a rentabilizar os recursos. Na figura 34, temos um exemplo de uma habitação muito comum em Trás-os-Montes que geralmente apresenta dois pisos. No piso térreo estavam normalmente os animais e no piso superior, neste caso ao nível de outra rua, estavam “a sala e a cozinha, numa diferenciação tosca mas estrutural de espaços e funções.”⁶⁷ Se atentarmos ao piso térreo, o declive do monte passou a desempenhar a função de parede, evitando que fosse gasto desnecessariamente mais material para a sua construção, neste caso granito. Para além disso, o uso da terra desempenha um papel de isolante que protege o interior de grandes variações de temperatura.

Na maioria dos casos, os meios económicos das famílias eram insuficientes para sustentar as várias fragilidades destas construções, segundo Octávio Lixa Filgueiras, Arnaldo Araújo e Carlos Carvalho Dias a casa é “um espaço fechado onde o frio e a chuva se imiscuem com maior ou menor dificuldade (...) com uma, duas ou três pequenas

⁶⁷ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.124- 134

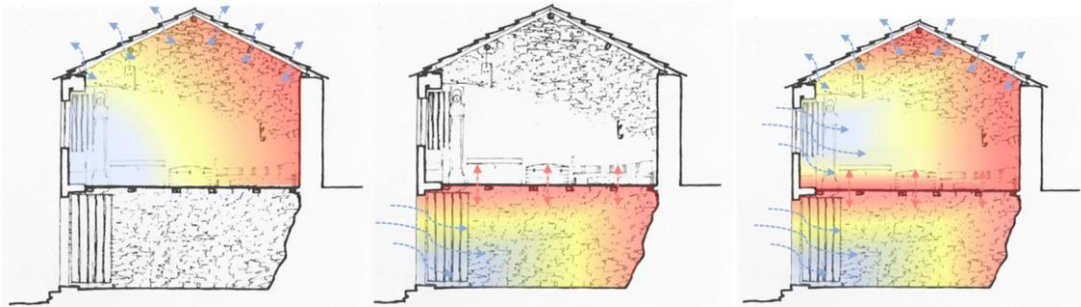


Figura 34- Estudo termodinâmico de uma habitação na aldeia de Montes

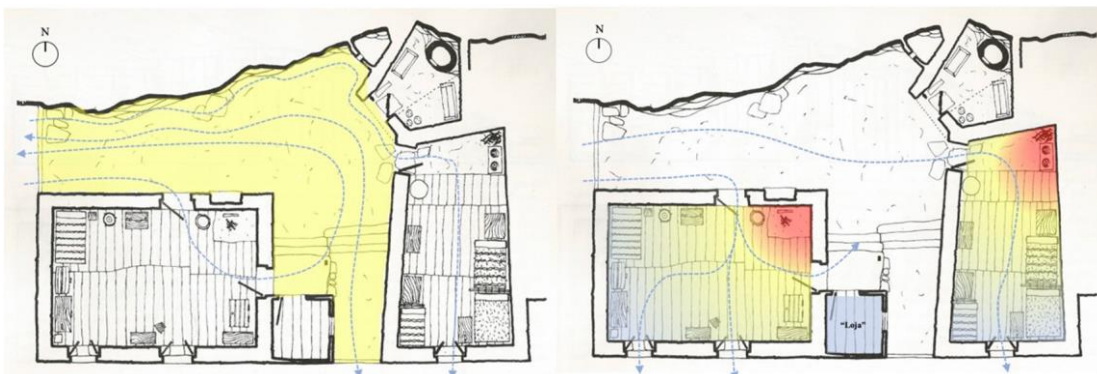


Figura 35- Estudo termodinâmico de duas habitações na aldeia de Montes

entradas de luz” e “às vezes com tabiques precariamente dispostos.”⁶⁸ Portanto, onde houvesse uma oportunidade de aproveitar o calor durante o inverno, era uma mais valia para minimizar o desconforto dos seus habitantes.

Para além do aproveitamento da topografia, outra das soluções é a organização dos espaços da casa em volta de uma única fonte de calor, nomeadamente a cozinha e a lareira, que na maioria dos casos correspondiam a um mesmo espaço, como na figura 34.⁶⁹ Neste caso, a colocação dos habitáculos dos animais no piso térreo, constitui igualmente uma estratégia de aproveitamento do calor gerado pelos mesmos, que subia por entre os “tabiques precariamente dispostos” e aquecia o piso da habitação juntamente com o calor produzido pela lareira. No entanto e como indicado pelos autores do inquérito, estas habitações sofrem de algumas deficiências construtivas, apesar de a pedra ser um elemento construtivo com uma grande inércia térmica, a falta de isolamento fazia com que houvesse infiltrações de ar indesejadas, pelas paredes, teto e vãos, assim como o calor gerado no interior da habitação saía para o exterior.

Na figura 35, temos um conjunto de duas casas em Montes, que vão ter um desempenho térmico diferente relativamente ao exemplo anterior. Enquanto o exemplo anterior integra o declive do monte na própria habitação que vai refletir-se diretamente no desempenho térmico interior, no caso das duas casas há um espaço intermédio entre as habitações e a topografia, que vai gerar uma zona térmica intermédia. Este espaço permite controlar de forma mais eficaz as diferenças de temperatura e possíveis correntes de ar indesejáveis. Ainda na figura 35, a habitação à esquerda apresenta dois vãos virados a sul para tentar captar os maiores ganhos solares e o pequeno anexo ao lado é a “loja,” que não tem nenhum vão porque precisava de estar constantemente fresca para conservar os produtos alimentares. A lareira é a única fonte de calor que está implementada num canto, mas de forma estratégica, pois a sua posição junto às portas é uma forma de controlar as diferenças de temperatura, gerando uma temperatura média entre o calor de lareira e as correntes de ar frio vindas do exterior. Se repararmos no sentido das aberturas das portas, estas abrem para a lareira. Se fosse o contrário, bloqueariam a passagem do

⁶⁸ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.132

⁶⁹ Apesar de a figura 34 não representar claramente onde está a lareira, com base no texto de Octávio Lixa Filgueiras, Arnaldo Araújo e Carlos Carvalho Dias, está no canto inferior direito no primeiro piso da habitação.

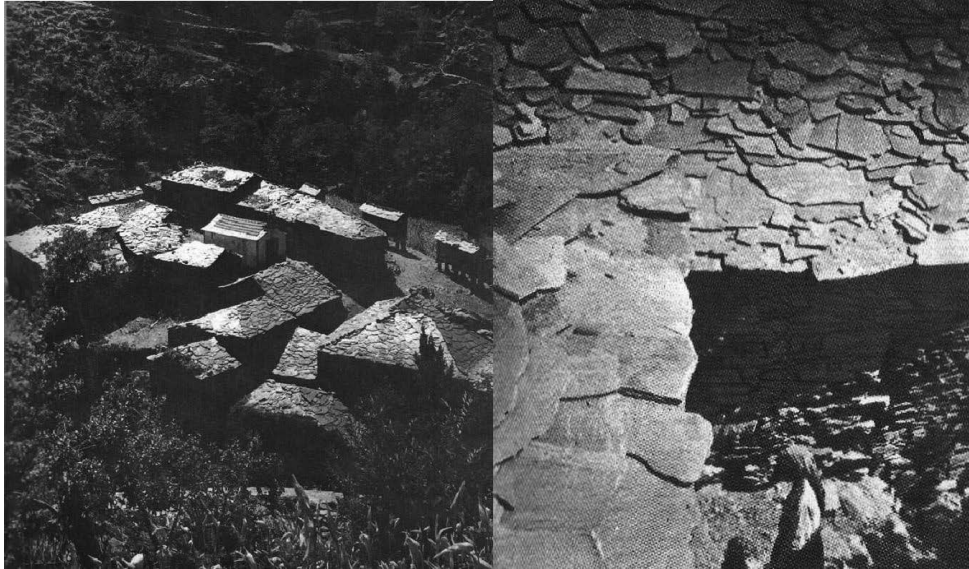


Figura 36 e 37 – Lousa nos telhados, aldeia de Montes



Figura 38 - Argamassa nas juntas da lousa, aldeia de Montes

calor e as correntes de ar frio arrefeceriam mais rapidamente o espaço da habitação. A habitação do lado direito apresenta o mesmo sistema, o vão virado a sul para garantir os maiores ganhos solares e a lareira em frente à porta para controlar as diferenças de temperatura.

No que diz respeito aos materiais, além do xisto vulgar, a lousa é um material que caracteriza a aldeia de Montes, utilizada de uma forma bastante particular. Em algumas habitações a lousa é fragmentada em pedaços irregulares, como exemplificado na figura 37, uns por cima dos outros. Noutros casos, observa-se o cuidado no ordenamento da lousa por tamanhos e na sua união com cal, figura 38. Existe um reaproveitamento dos materiais locais, onde esta ação por si só já contribui para a redução dos gastos energéticos, mas a aceitação dos materiais tal como são, sem que estes sejam modificados, envolve igualmente uma contenção de gastos energéticos.

RIO DE ONOR

No Norte de Bragança, temos a povoação de Rio de Onor que se desenvolve “nas duas margens do rio e que se insere num vale, entre choupos e negrilhos, limitado pelos outeiros próximos e onde se trata a terra para o centeio.”⁷⁰ Tal como a aldeia de Montes, a sua localização é de implantação estratégica face à exposição solar, pois permite uma maior captação dos ganhos solares e proteção dos ventos fortes. No que diz respeito à organização da aldeia, os edifícios constituem um aglomerado contínuo, que permite que as perdas de calor dos edifícios sejam menores porque o número de fachadas expostas ao exterior é menor, na maior parte dos casos apenas duas fachadas. Esta estratégia, não só reduz as perdas de calor como também evita o consumo desnecessário de recursos, neste caso da pedra granítica, caso contrário, seria necessário o dobro de pedra.

Segundo Octávio Lixa Filgueiras e equipa, nas baixas, junto ao rio, o solo é mais produtivo, a terra chamada “faceira” é retalhada em várias parcelas, onde cada família tinha pelos menos uma horta. Todos os recursos naturais eram aqui aproveitados para um maior nível de rentabilidade económica e social, isto mostra o cuidado que as pessoas tinham em compreender se os terrenos eram produtivos ou improdutivos, e “moldavam” a aldeia tendo em conta a estes fatores.

⁷⁰ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.142

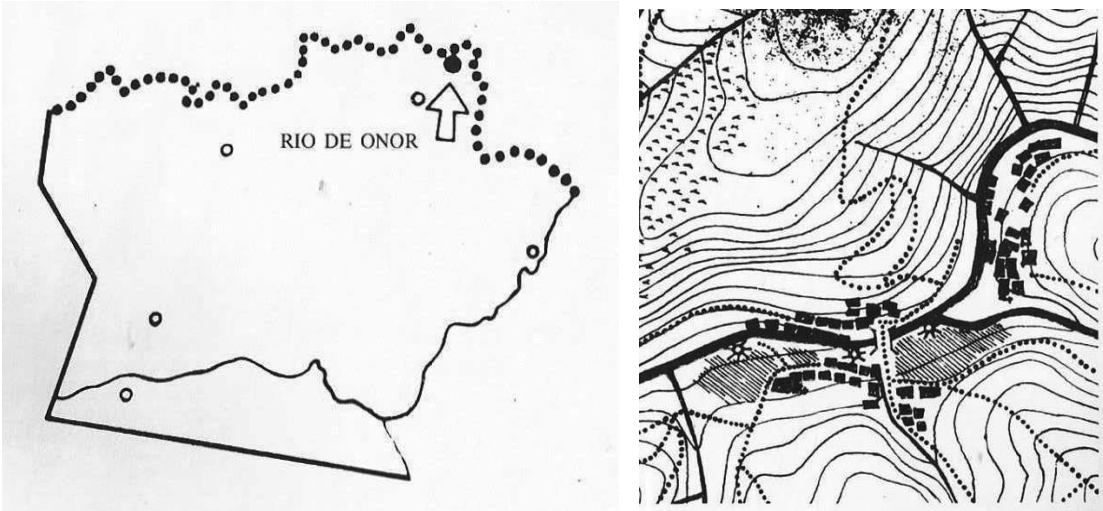


Figura 39 e 40 – Localização e esquema do povoamento da aldeia de Rio de Onor

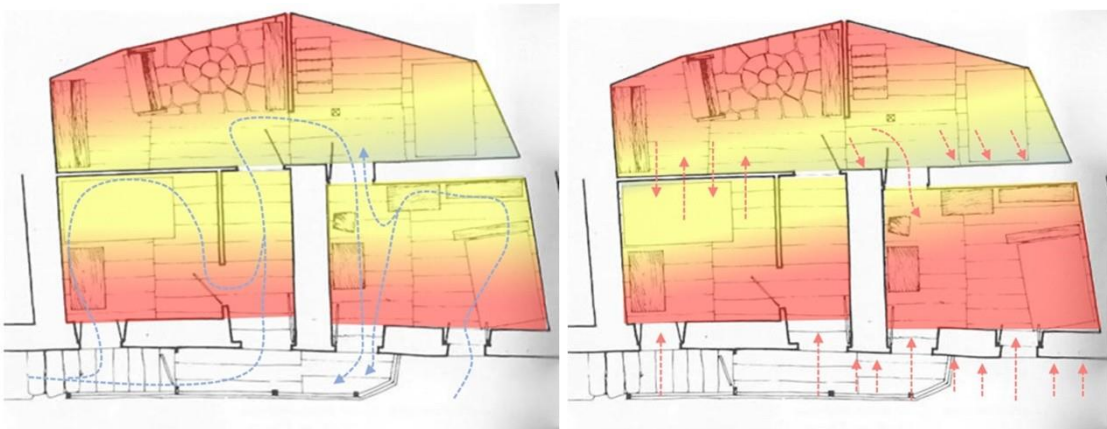


Figura 41 – Estudo termodinâmico de uma habitação na aldeia de Rio de Onor

A organização interior das habitações mostra pouca preocupação em definir as dependências por funções, pois em qualquer canto se pode ver uma cama, arca, cadeira ou armários, como ilustrado na figura 41.⁷¹ Existe uma grande variedade de construções que não estão diretamente ligadas à função de habitação, mas sim orientadas para a execução de um conjunto de tarefas de produção, como o caso dos espigueiros, sequeiros, eiras, azenhas etc.⁷² O fundamental, argumentaram Lixa Filgueiras e equipa era a sábia organização do espaço em função do clima, em oposição à funcionalidade do projeto.

Enquanto o exemplo da habitação de Montes é um espaço amplo com as várias funções, nomeadamente cozinha, quarto e área de estar, no exemplo da figura 34, há uma divisão dos espaços, apesar de nem todos terem uma função específica verifica-se que há uma intenção de tentar controlar os ganhos de calor dentro de cada espaço. Apesar de não haver certeza quanto à orientação solar desta habitação, normalmente os espaços quentes nestas habitações estão virados a sul e os espaços frios, onde são armazenados os alimentos, virados a norte, neste caso a cozinha estaria a norte e os quartos a sul. Normalmente, o centro de convívio é o lume, é em torno deste que a família se junta e que as restantes divisões da casa se desenvolvem. Neste caso, é precisamente o que acontece, os quartos estão em torno da cozinha, para que desta forma se aproveite a transmissão de calor gerado deste compartimento para os restantes espaços da habitação. Para além disso, o facto de a cozinha ter uma fonte de calor própria - a lareira, e estar virada para uma das fachadas onde a exposição solar é menor, mais fria e húmida no inverno – a norte, permite que as variações de temperatura sejam mais controladas. Ou seja, quaisquer infiltrações de ar indesejadas, vão ser amenizados com o calor da lareira, evitando que as mesmas cheguem às restantes divisões da casa. Porém, é preciso realçar que a cozinha não apresenta qualquer vão, o que dificulta o processo de renovação de ar e além do mais, o fumo gerado pelo lume acaba por ser prejudicial para a saúde dos habitantes. No caso dos restantes compartimentos, não há indicação de que têm uma função específica, tanto podiam ser adaptados para quartos, ou para armazenar e secar de produtos agrícolas. Se atentarmos às espessuras das paredes interiores entre a cozinha e os compartimentos virados a sul, o compartimento à esquerda apresenta uma espessura de parede muito menor

⁷¹ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.148

⁷² MOUTINHO, Mário. 1979. *A arquitectura popular portuguesa*. Lisboa: Editorial Estampa, Lda.P.42

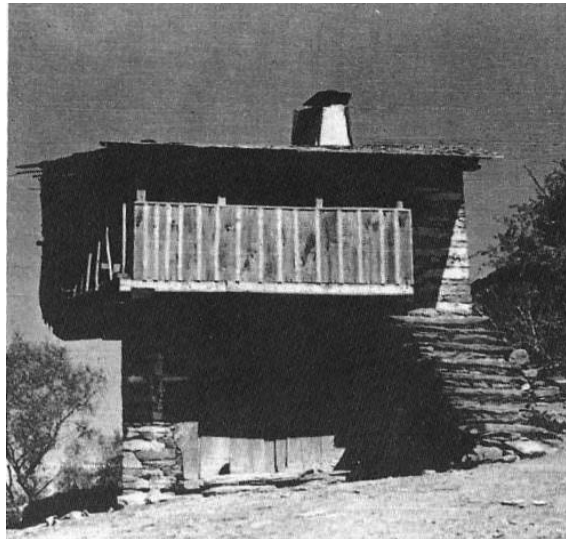
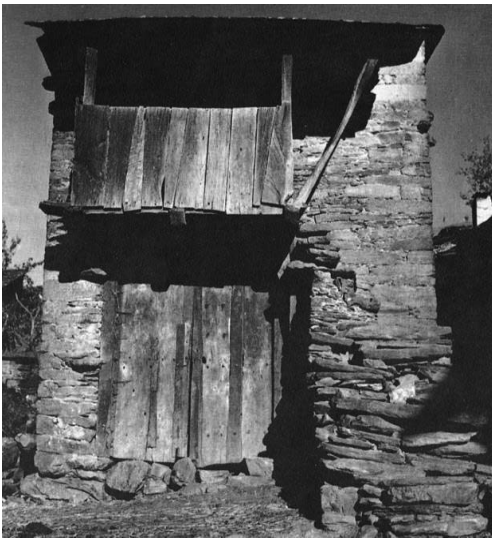


Figura 42 e 43 – Varanda em Guadramil⁷³ e Rio de Onor.

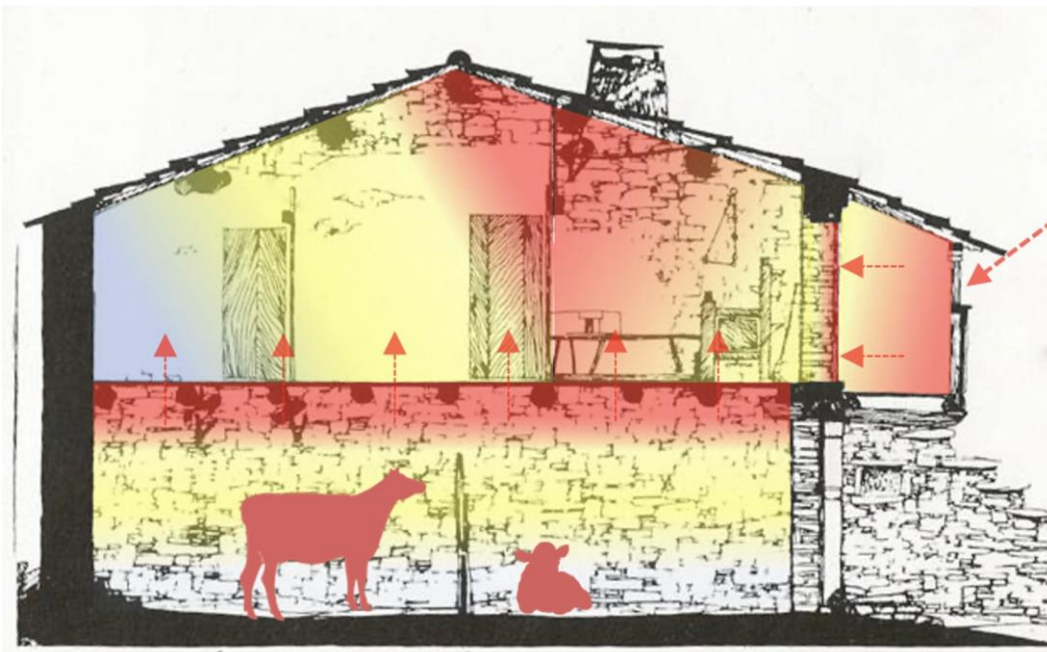


Figura 44 – Estudo termodinâmico de uma habitação em Rio de Onor

⁷³ Aldeia a cinco quilômetros de Rio de Onor.

que o compartimento da direita. Apesar de serem espaços sem função específica, há uma intenção de gerar dois ambientes com temperaturas diferentes. Enquanto o compartimento da esquerda tem duas paredes com grande inércia térmica - granito, e duas paredes de baixa inércia térmica - a madeira, o compartimento da direita está envolvido por quatro paredes de granito. Por exemplo, no inverno o desempenho térmico vai ser melhor no compartimento da direita, porque as quatro paredes de granito vão captar os ganhos solares e os ganhos de calor produzidos pela lareira durante o dia e a noite. Para além disso, o xisto usado nas coberturas também contribui para esta ecologia, sendo um material construtivo com uma grande inércia térmica. Portanto, o compartimento da direita é um espaço em que as variações de temperatura diárias vão ser mais controladas comparativamente ao compartimento da esquerda. Ambos os compartimentos podem desempenhar várias funções, mas o fator definidor aqui não é, portanto, o objetivo do espaço, mas a sua temperatura. O uso é determinado pela temperatura.

No caso de Rio de Onor, a “sensação de unidade que a rua dá, começa a particularizar-se desde o momento em que se passa a prestar atenção aos elementos de transição para o interior das habitações,- escadas e varandas.”⁷⁴ Tal como em Montes a casa é constituída por dois pisos, no entanto, o uso da varanda é muito frequente nestas povoações, que assumem nestas habitações uma função de transição entre o espaço público e o privado, neste caso entre a rua e o interior da habitação. É um espaço que servia essencialmente de sequeiro para o milho ou fruta,⁷⁵ mas também desempenha outras funções domésticas, como um local de secar a roupa ou simplesmente um espaço de estar para a família. O espaço da varanda, vai permitir que as variações de temperatura entre o interior e exterior sejam mais controladas, como exemplificado na figura 44. A varanda vai permitir “guardar” os ganhos solares, enquanto a parede de xisto entre a varanda e o interior da habitação vai reter todos esses ganhos captados pela varanda e controlar as variações de temperatura durante o dia e a noite. Para além disso, é um espaço que vai permitir que as perdas de calor sejam menores, caso contrário, a fachada estaria em contato direto com o exterior, o que significaria que as diferenças de temperatura seriam maiores assim como as perdas de calor.

⁷⁴ ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.146

⁷⁵ MOUTINHO, Mário. 1979. *A arquitectura popular portuguesa*. Lisboa: Editorial Estampa, Lda.P.42

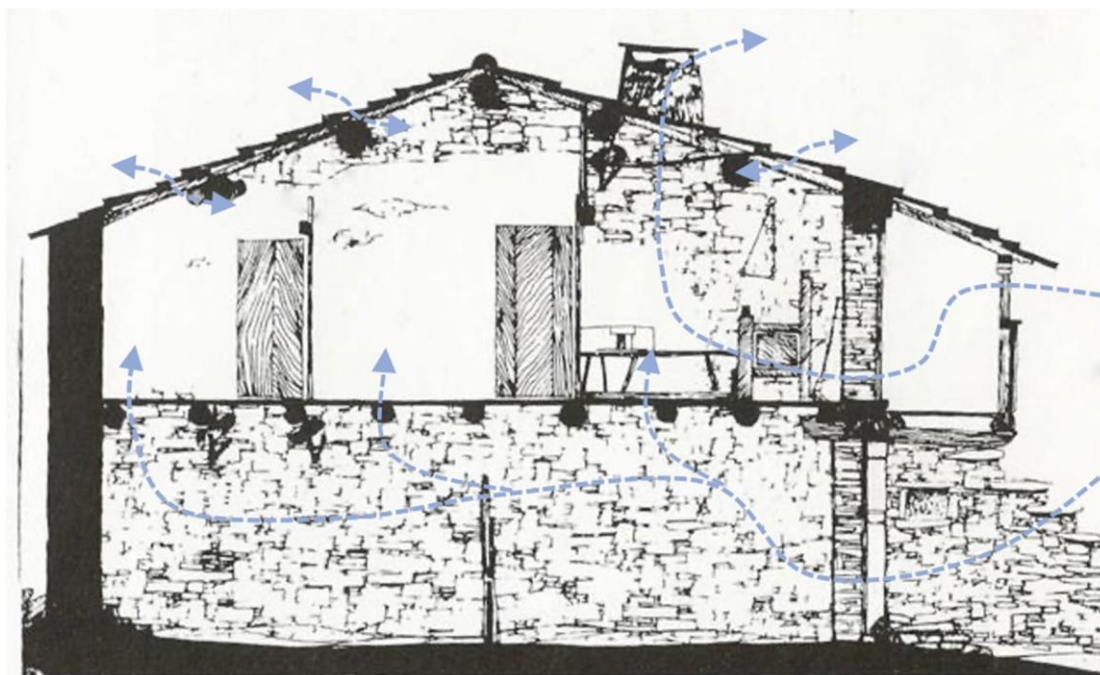


Figura 45 – Estudo termodinâmico de uma habitação em Rio de Onor



Figura 46 e 47 – Telhados em Guadramil; chaminé em Rio de Onor

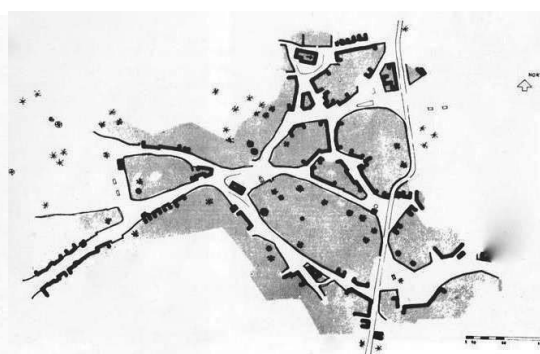
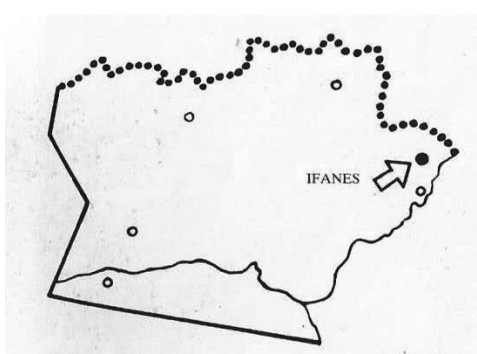


Figura 48 e 49 – Localização geográfica de Ifanes; esquema da povoação de Ifanes

Nem todas as habitações possuíam chaminé, muitas das vezes a ventilação era superior ao desejado, por causa dos sistemas construtivos utilizados que não eram bem vedados e, por isso, havia a necessidade de no inverno garantir mais do que uma fonte de calor. Para além dos ganhos captados da varanda, a lareira e os animais no piso térreo são outras fontes de calor, como exemplificado na figura 45. No caso de o espaço necessitar de ser ventilado, é possível através do piso térreo e da porta principal do piso superior juntamente com a chaminé, nesta situação, as correntes de ar vão ser mais controladas por causa da varanda (figura 45).

Comparativamente à aldeia de Montes, Rio de Onor manifesta o uso de materiais modernos de construção, para além das matérias extraídas localmente, já se observava um aperfeiçoamento na aplicação dos materiais construtivos. Os telhados são exemplo disso, ainda que um pouco desordenados na disposição das placas de lousa, as formas tendem para uma certa regularidade. As chaminés são outro elemento em que se observa a evolução do uso da lousa e a preocupação de a isolar, como exemplificado na figura 47.

IFANES

Ifanes é uma aldeia localizada num planalto de granito e aberto aos ventos de Espanha. No esquema da povoação, percebe-se a presença forte da habitação agrupada em conjuntos, como nos mostra a figura 49.

As habitações apresentam um carácter individualista, com uma expressão mais evidente na forma como as casas transmitem a sensação de aconchego e intimista dos pátios, como se pode ver na no exemplo da figura 51. Curiosamente, compreende-se uma oposição: se, por um lado, estas populações tinham um forte sentido de comunidade, por outro lado, os pátios transmitem a ideia intimista e de separação da própria família. Não se tratará, portanto, de uma contradição em si, mas sim de um mecanismo de organização social distinta dos outros dois exemplos e articulando, porventura de forma mais complexa, as relações colectivas e individuais.

Relativamente a Montes e Rio de Onor, Ifanes permite-nos discutir o papel do pátio para a ecologia da casa. Enquanto a aldeia de Montes se insere numa montanha e Rio de Onor se implanta num vale para se protegerem dos ventos dominantes, Ifanes está implantada num planalto, portanto, mais exposta aos ventos dominantes. Na figura 52, a casa do Sr. Virgílio, como identificado pela equipa de Lixa Filgueiras, é reflexo dessa

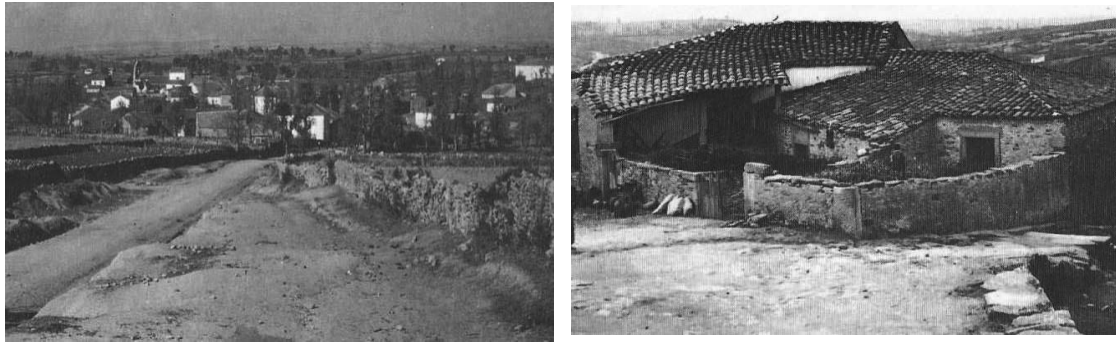


Figura 50 e 51 – Vista de Ifanes; casa de pátio em Caçarelhos



Figura 52 e 53 – O pátio da casa do Sr. Virgílio; pátio partilhado entre duas habitações na aldeia de Ifanes

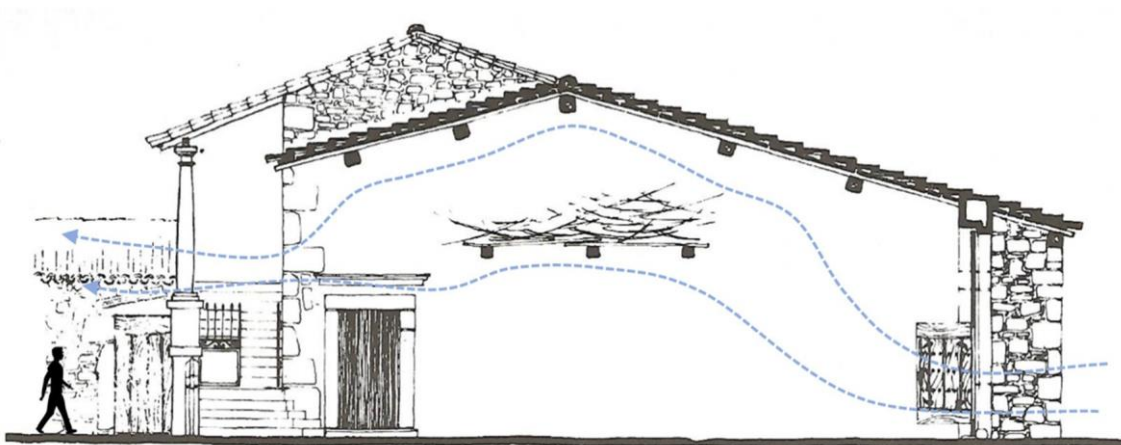


Figura 54 – Corte pelo mesmo pátio partilhado entre duas habitações na aldeia de Ifanes

preocupação. Esta apresenta no piso térreo um pátio bastante comprido, “subdivido” em duas áreas, uma maior que está completamente coberta, que servia para colocar todas as alfaías agrícolas e tudo o que estivesse ligado à produção, e uma área menor inteiramente descoberta, com os acessos para as cortes dos animais e habitação, num segundo piso, através de uma escada. Se atentarmos ao número de vãos, são muito poucos e todos eles se abrem para dentro do pátio e não para fora deste, garantindo um controle maior das perdas de calor, bem como assegurando a protecção dos ventos.

É de realçar que as necessidades de climatização dos dois pátios são diferentes e o facto de um estar coberto e o outro não, reflete essa intenção de utilizar cada um para distintos efeitos. Neste caso, é preciso minimizar ao máximo as correntes de ar para que estas não arrefeçam a habitação e se observarmos a configuração do pátio maior, este vai fazer com que as correntes de ar se dispersem, funcionando como uma zona térmica intermédia, como no caso de Montes (figura 35), evitando o contato direto do vento com a habitação. No caso do pátio menor, desenvolvem-se as funções principais onde temos os animais e a habitação num segundo piso, por isso, é preciso garantir um nível de conforto adequado. Neste caso, os animais por baixo da casa, como em Montes e Rio de Onor, são uma fonte de calor. Para além disso, o pátio ao estar descoberto permitia aproveitar todos os ganhos solares.

O exemplo da figura 53, tem a particularidade de o pátio ser partilhado por duas habitações distintas. Apesar de a organização espacial ser idêntica ao exemplo anterior, as proporções são diferentes. Ainda que comprido, o pátio coberto é menor e mais estreito e a parte descoberta é mais ampla e com mais reentrâncias comparativamente ao exemplo anterior. É pela parte descoberta que se acede às lojas e cortes dos animais, e também às habitações. No entanto, estas desenvolvem-se em volta do pátio coberto como exemplificado pelo corte longitudinal da figura 54 ao invés de serem por cima da corte dos animais como no exemplo anterior. O pátio coberto, para além de ser um espaço para guardar as alfaías e produtos agrícolas, vai impedir que uma das fachadas de cada habitação esteja exposta diretamente ao exterior, reduzindo as infiltrações de ar indesejadas e garantindo um controle maior das perdas de calor. Para além dessa estratégia, o facto ser um pátio partilhado entre duas habitações distintas demonstra o forte sentido de comunidade da povoação de Ifanes, como também é uma maneira de gerir os recursos.

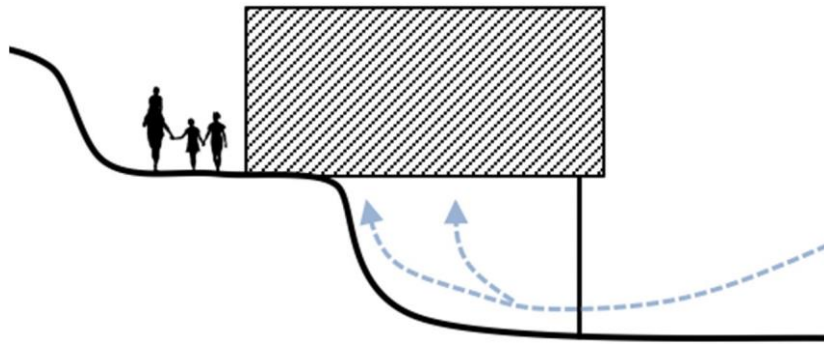


Figura 55 – Imagem da autora. Esquema termodinâmico do vento.

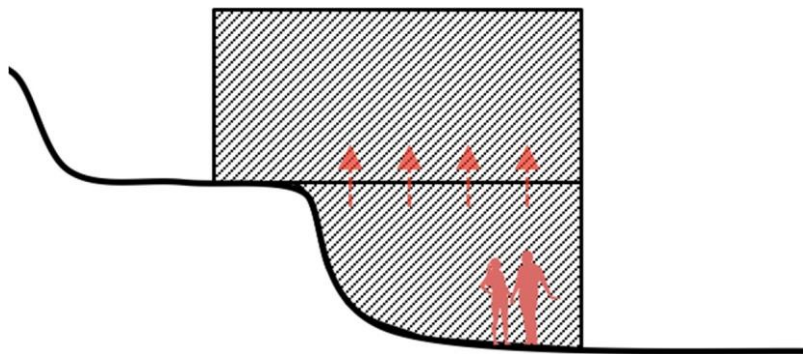


Figura 56 – Imagem da autora, Esquema termodinâmico do ar quente

Em síntese, os critérios de análise termodinâmicos, descritos na secção anterior permitiram clarificar uma série de lições. No entanto, cada caso é um caso e existem várias estratégias que poderão ser aplicadas em vários locais, outras continuarão a fazer sentido somente em regiões ecológicas muito específicas. A orientação e insolação, a redução das perdas de calor, a ventilação, o uso dos materiais locais e a gestão dos recursos são estratégias que se devem integrar no projeto para que este tenha um bom desempenho, sobretudo a nível energético. Estes critérios de análise termodinâmicos, são elementos de projeto cuja sustentabilidade está vinculada com o conhecimento das condições ambientais da implantação bio-climática e sócio-material concreta do projecto - da sua localização numa ecologia específica.

Constataram-se varias estratégias que têm potencial para se adaptar à arquitetura contemporânea. No que diz respeito à orientação e insolação devemos, sempre que possível, apropriar o projeto à topografia do terreno para proteger o mesmo dos ventos dominantes. Outra solução é colocar espaços que precisam de ser mais aquecidos virados a sul e espaços com menores necessidades de climatização virados a norte, neste caso em Portugal. Por último, outra estratégia que poderá ser útil é utilizar varandas viradas a sul para captar o máximo de ganhos solares.

Para além dos ganhos solares, estas povoações também aproveitam outros ganhos de calor que podemos constatar na forma como os espaços das habitações se organizam, essencialmente em volta de uma única fonte de calor, a lareira. A colocação dos animais no piso térreo também era outra forma de aproveitarem o calor dos mesmos para aquecerem as habitações que se localizavam no piso superior. Estas estratégias podem sugerir técnicas arquitetónicas úteis para as habitações contemporâneas. Por exemplo, levantar a casa do chão pode ser uma estratégia para adaptar o edifício à topografia, permitindo ao mesmo tempo ventilar o piso – figura 55. Outra solução que poderá ser útil é colocar as áreas que as pessoas têm mais tendência a ocupar no piso térreo, cujo ar quente dessa ocupação vai criar um efeito semelhante a ter os animais em baixo, aquecendo as áreas de menor ocupação que estão num piso superior – figura 56.

No caso das arquiteturas vernaculares que apresentámos, as estratégias para reduzir as perdas de calor são várias, algumas delas mencionadas anteriormente, já contribuem para melhorar este fator. Uma das soluções é aglomerar, sempre que possível, os edifícios para que o número de fachadas expostas diretamente com o exterior seja mínimo. O facto de as habitações em Montes apresentarem lareira, mas não terem



Figura 57 – Imagem da autora, Varanda de uma habitação em Pitões das Júnias.



Figura 58 – Imagem da autora. Varanda de uma habitação em Pitões das Júnias

chaminé é também uma forma de minimizar as perdas de calor. Isto, no entanto, é uma situação indesejável e impossível de aplicar hoje em dia, principalmente pelos perigos de saúde que essa solução implica. Outra solução, é criar espaços que façam um balanço térmico entre a temperatura exterior e interior, controlando de forma mais eficaz as diferenças de temperatura e possíveis perdas de calor. No caso das habitações que não têm varanda, o número de vãos virados a sul era maior, mas de pequenas dimensões, e a norte tinham muito poucos vãos ou nenhuns, para evitar ao máximo as perdas de calor do lado mais frio da construção. Normalmente o número reduzido de vãos tornava as casas bastante sombrias, prejudicando assim a entrada de iluminação natural. Todavia, é preciso ter em conta que as pessoas destas comunidades passavam maior parte da sua vida diária no campo, a falta de iluminação natural não era tão prejudicial comparativamente à sociedade contemporânea, que passa grande parte da sua vida quotidiana dentro de edifícios e por isso a luz natural é um fator imprescindível. Numa visita de campo à aldeia de Pitões das Júnias, encontram-se algumas construções mais modernas que tentam integrar a estratégia das varandas. Nestes casos, estas são completamente envidraçadas, captando com maior eficácia os ganhos solares e evitando, comparativamente aos exemplos vernaculares, as correntes de ar indesejáveis. Porém, nenhuma destas varandas está virada a sul.

Nos exemplos da arquitetura vernacular em Trás-os-Montes, as habitações eram poucos estanques e os sistemas construtivos utilizados por vezes permitiam ventilação indesejada, e por essa mesma razão, como mencionado anteriormente, as habitações na aldeia de Montes não possuíam chaminé. Na aldeia de Rio de Onor, algumas das habitações tinham chaminé, com o objetivo de promover a ventilação natural tirando partido das diferenças de pressão causadas pelas variações de temperatura dentro da casa. Isto acontece quando há aberturas em diferentes níveis, que vão gerar fluxos de ar ascendente permitindo que o ar flutue livremente para fora da habitação, ventilando assim o espaço. O uso da chaminé surge por várias razões, para evacuar o fumo, gerar ventilação cruzada entre os espaços e para secar alguns dos produtos agrícolas, no entanto, apesar de nem todas essas razões se enquadrarem ao contexto moderno, as chaminés podem ser usadas atualmente para ventilar os espaços e para iluminar. Outra solução que poderá ser útil é utilizar o sentido de abertura das portas para controlar de forma mais eficaz as



Figura 59- Imagem da autora, Habitação em Cambeses do Rio



Figura 60- Imagem da autora. Data da construção da mesma habitação

correntes de ar quando estas são abertas, como no caso das duas habitações em Montes (figura 35).

A questão, então, é como podemos controlar a maioria destas variáveis e o que a arquitetura vernacular de Trás-os-Montes nos ensina é que, para além da necessidade de adaptarmos o projeto arquitetónico ao lugar, a arquitetura tem de ter flexibilidade, tem de ser aberta e evolutiva, respondendo de forma mais direta às necessidades e possibilidades das pessoas. Os espaços têm de permitir várias apropriações. E para isso, é preciso compreender as várias ocupações que podem ser feitas de um determinado espaço em função das necessidades de cada pessoa/família, para depois se compreender a necessidade de climatização em função da ocupação que a pessoa/família vai fazer desse espaço. Ou seja, o uso dos espaços vai ser determinado pela temperatura, pelo conforto e bem-estar que determinado espaço arquitetónico vai exercer sobre cada pessoa.

Por mais simples e pragmáticas que as soluções anteriores pareçam, são soluções que nos permitem tirar o maior proveito do sol e das ações do vento. Simultaneamente ao se conseguir controlar a maioria das variáveis, mencionadas na secção dos critérios de análise termodinâmicos, os edifícios não vão necessitar de recorrer a sistemas ativos para climatizar espaços interiores, portanto, o consumo energético dos edifícios diminui, assim como as emissões de carbono.

Para além disso, é necessário ter em conta que a maneira como os materiais são processados requer, inevitavelmente, o uso de energia e resulta na geração de resíduos. Os casos que abordámos ensinam-nos que é preferível, do ponto de vista da sustentabilidade, usar materiais e componentes que estejam o mais perto possível dos seus estados naturais, do local de obra e de maior durabilidade. O uso de materiais locais, mesmo tendo características diferentes em cada região do mundo, são os mais adequados à produção de um edifício sustentável, em grande medida devido aos reduzidos custos de transporte que implicam, dado que o transporte representa hoje e de há muito, e por muito ainda será, um processo desmesurado de extração e consumo de matéria-prima. Contudo, a sua utilização só será ecologicamente eficiente se também tiver em conta fatores de durabilidade, segurança, eficiência, conforto, e saúde nos edifícios.⁷⁶

A região de Trás-os-Montes não só se destaca pela utilização dos materiais locais, mas também pelo aperfeiçoamento e versatilidade no uso de alguns materiais. A pedra é

⁷⁶ MOURÃO, Joana; Pedro, João Branco. 2012. Princípios de edificação sustentável. 1ªEd. Lisboa: LNEC. P.131

abundantemente utilizada como um material de construção, tanto “em muros de suporte ou de resguardo dos campos, no calcetamento de caminhos rurais, em pontes, no forro dos poços, nos currais e abrigos para o gado, em edifícios destinados a guardar os produtos da colheita ou na habitação humana”.⁷⁷ A pedra é um material de origem natural não renovável, mas abundante e muito durável, podendo ser reutilizado inúmeras vezes, como no caso de uma habitação em Cambeses do rio, do Sr. João, que está atualmente em processo de construção, utilizou as pedras de um palheiro⁷⁸ em degradação, de que o próprio era proprietário e reutilizou as mesmas para a construção da sua própria casa. A reutilização da pedra das demolições é uma estratégia que se deve incentivar, aproveitando ao máximo a longevidade da pedra. No entanto, a utilização da mesma só é considerada um material ecológico nos casos em que está disponível localmente e em que a sua extração não é responsável por desequilíbrios ambientalmente significativos.

Um exemplo de uma habitação que maximiza a longevidade da pedra, está em Cambeses do Rio, construída em 1807, que apresenta um domínio da pedra muito maior relativamente as construções adjacentes. Segundo algumas pessoas da aldeia não fazem ideia quantas famílias por ali passaram, a D. Maria Rosa afirma: “nem o meu avô sabia quem eram os donos que construíram esta casa e eu já tenho 75 anos, por isso, veja bem”.

As comunidades transmontanas, por causa da escassez dos recursos e a falta de meios para os alcançarem, precisavam de gerir esses recursos da melhor forma aproveitando o que tinham, e percebe-se isso através da dimensão das casas, que raramente ultrapassavam do espaço estritamente necessário; a maneira como utilizavam os materiais, os dejetos dos animais serviam para fertilizar as terras para depois serem cultivadas, tudo era gerido de forma a evitar desperdícios desnecessários. Portanto, fazer uma gestão correta dos recursos é uma estratégia que atualmente é imprescindível, a sustentabilidade requer que se pense nas gerações atuais e futuras.

⁷⁷

⁷⁸ RIBEIRO, Orlando. Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico: Estudo Geográfico. Coimbra Editora. Exemplar 801. <http://purl.pt/421/4/#/15>. Acedido a 1-07-2020. P.139

⁷⁹ *Palheiro* é uma construção de pedra, onde antigamente se guardavam os animais e produtos agrícolas. A cobertura era geralmente de colmo, palha e em alguns casos, telha.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observamos, a indústria da construção (com as suas indústrias paralelas), causa inúmeros impactes ambientais negativos. É importante garantir que antes, durante e após as construções, sejam tomadas ações que minimizem ao máximo os impactes ambientais e que potencializem a economia e proporcionem uma qualidade de vida melhor para as gerações futuras. A arquitetura está sempre numa mudança constante, mas o problema da subida das emissões de carbono é incontornável, trazendo consequências desastrosas. E como mencionado no início do presente trabalho, a indústria da construção é dos setores que mais impacto tem sobre o meio ambiente pela má gestão energética que faz e, por isso, é um setor estratégico para gerar mudanças necessárias. É preciso enfrentar este problema, que é real e vai continuar a ser por muito tempo e trazer respostas que transformem a maneira como atualmente se constrói.

A arquitetura vernacular em Trás-os-Montes pode, de facto, ter um contributo na resposta a este problema, visto que é uma arquitetura que se “molda” com os poucos recursos daquela época e pela sua adaptação aos vários condicionamentos locais nomeadamente climáticos, geológicos e culturais. Como mencionado anteriormente, as soluções encontradas ao longo dos exemplos que foram sendo apresentados não são noções inertes na sua evolução, a arquitetura vernacular é aprimorada ao longo de gerações.

A transformação no setor da construção exige uma mudança de mentalidade, é preciso sensibilizar todos os intervenientes e preparar adequadamente os arquitetos e engenheiros, sobre os impactes reais dos vários materiais e técnicas de construção. Como também, sobre as estratégias bioclimáticas vernaculares que poderão ser usadas de forma inovadora na arquitetura sustentável, com o objetivo de criar projetos que causem o menor impacto possível ao meio ambiente e que garantem qualidade.

Sintetizando, os critérios de análise termodinâmicos que foram usados para analisar os exemplos vernaculares de Trás-os-Montes, são incontornáveis em projetos de arquitetura sustentável, uma vez que ambos convergem para uma relação mais equilibrada entre o ser humano e as construções com a natureza. Salientam-se como aspetos fundamentais para a arquitetura sustentável, a adaptação da construção ao lugar (o solo, o clima, a cultura, os modos de vida, etc.) e a seleção consciente dos materiais e das técnicas construtivas (fundamentada na análise e comparação das características e impactes de cada material ao longo do seu ciclo de vida), integrando, sempre que possível,

materiais reutilizados ou reciclados. Outro aspecto importante é a aplicação de princípios bioclimáticos (orientação e insolação, ventos dominantes, topografia, vegetação, temperatura, etc.) adequados a cada contexto, fatores decisivos para a eficiência energética. Por último, deve ainda referir-se a importância de criar espaços flexíveis e adaptáveis, que promovam a longevidade dos edifícios (evitando o uso de novos recursos) e que integrem sistemas de fácil desmontagem, com o objetivo de facilitar a manutenção e a futura desconstrução do edifício, promovendo a reutilização e reciclagem dos seus elementos.

As soluções vernaculares, pela sua simplicidade e pragmatismo, têm um grande potencial para a construção de futuros edifícios, nomeadamente para a habitação. No contexto atual, a arquitetura vernacular é um modelo que nos permite utilizar racionalmente os recursos, reduzir o consumo de sistemas ativos de climatização, reduzir os consumos de materiais e de energia, portanto, minimizar as emissões de carbono e ajudar-nos, enquanto arquitetos e arquitetas, a alterar a rota auto-destrutiva em que estamos há já demasiado tempo.

FONTES DE IMAGEM

FIGURA 1- NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS), outubro de 2020. "Global Temperature", <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>. Acedido a 5-10-2020

FIGURA 2 - F. Pacheco Torgal; Said Jalali. 2010. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Braga: TecMinho, D. L. P.69

FIGURA 3 - Ricardo Filipe Mesquita da Silva Mateus. Julho de 2009. Certificado de avaliação da sustentabilidade pela metodologia MARS-H. Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho: Escola de Engenharia. P.133

<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9886>. Acedido a 21-09-2020

FIGURA 4 - Brisighello, Priscilla. 2016. "O que é a sustentabilidade?"

<https://freesider.com.br/qualidade-de-vida/como-tornar-a-sua-vida-mais-sustentavel/>. Acedido a 9-07-2020

FIGURA 5 - Agência portuguesa do ambiente. 2013. "REA 2013 Portugal." Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt> Acedido a 9- 10-2020. P. 57

FIGURA 6- Fundació Mies Van de Rohe. 2020. "Commerzbank Headquarters".

<https://miesarch.com/work/1724> . Acedido a 10-10-2020

Figura 7 - FOSTER+PARTNERS. "Commerzbank Headquarters." Frankfurt, Germany.

<https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>.

Acedido a 11-09-2020

FIGURA 8 – *Ibidem*.

FIGURA 9 – *Ibidem*.

FIGURA 10 – *Ibidem*.

FIGURA 11 – *Ibidem*.

FIGURA 12 – *Ibidem*.

FIGURA 13 – *Ibidem*.

FIGURA 14 – Cosanti Foundation. 2012. "Architecture/ Built Environment".

<http://legacy.arcosanti.org/node/8395>. Acedido a 16-09-2020

FIGURA 15 – Federico García Barba. 2012. “Arcosanti”.
<https://arquiscopio.com/archivo/2012/11/03/arcosanti/?lang=pt>. Acedido a 12-10-2020

FIGURA 16 - Cosanti Foundation. 2012. “Architecture/ Built Environment”.
<http://legacy.arcosanti.org/node/8395>. Acedido a 16-09-2020

FIGURA 17 – *Ibidem*.

FIGURA 18 – *Ibidem*.

FIGURA 19 - “Villa Di Gioia / Pedone Working”. 26 novembro de 2013. ArchDaily Brasil. <https://www.archdaily.com.br/br/01-155955/villa-di-gioia-slash-pedone-working>. Acedido a 18-09-2020

FIGURA 20 – *Ibidem*.

FIGURA 21 – *Ibidem*.

FIGURA 22 – *Ibidem*.

FIGURA 23 – Philippe Rahm architects. “Convective apartments: A building as a convective shape”.
<http://www.philipperahm.com/data/projects/convectiveapartments/index.html>. Acedido a 12-08-2020

FIGURA 24 – Philippe Rahm architects. “Convective apartments: A building as a convective shape”.
<http://www.philipperahm.com/data/projects/convectiveapartments/index.html>. Acedido a 12-08-2020

FIGURA 25 - Francisco moita. Setembro de 1987. Energia Solar Passiva 1. Imprensa Nacional -Casa da Moeda, E. P. P. 41

FIGURA 26 – *Ibidem*, p. 43

FIGURA 27 – *Ibidem*, p. 11

FIGURA 28 – *Ibidem*, p. 42

FIGURA 29 - Alfredo da Mata Antunes. 1988. Arquitectura Popular em Portugal. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.123

FIGURA 30 - *Ibidem*, p.128

FIGURA 31 - *Ibidem*, p.130

FIGURA 32 - *Ibidem*, p.128

FIGURA 33 - *Ibidem*, p.129

FIGURA 34 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. Arquitectura Popular em Portugal. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.134

FIGURA 35 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.134

FIGURA 36 - Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.131

FIGURA 37 – *Ibidem*, p.138

FIGURA 38 - *Ibidem*, p.139

FIGURA 39 - *Ibidem*, p.140

FIGURA 40 - *Ibidem*, p.144

FIGURA 41 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1, p.148

FIGURA 42 - Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.147

FIGURA 43 – *Ibidem*.

FIGURA 44 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.147

FIGURA 45 - Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.147

FIGURA 46 - Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.151

FIGURA 47 – *Ibidem*.

FIGURA 48 – *Ibidem*, p.153

FIGURA 49 – *Ibidem*, p.157

FIGURA 50 - *Ibidem*, p.157

FIGURA 51 - *Ibidem*, p.156

FIGURA 52 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.159

FIGURA 53 – Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.160

FIGURA 54 - Adaptado de Alfredo da Mata Antunes. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitetos Portugueses. Vol.1. P.161

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALOS, Iñaki. 2015. *Abalos + Sentkiewicz: Essays on Thermodynamics, Architecture and Beauty*. New York: Actar Publishers.

ALMEIDA, Eduardo José Marques. Julho de 2012. *Desenhar a verde: Um estudo comparativo entre a arquitectura sustentável high-tech e low-tech*. Tese de arquitectura. Universidade de Coimbra.

ANTUNES, Alfredo da Mata. 1988. *Arquitectura Popular em Portugal*. 3ª ed. Lisboa: Associação dos Arquitectos Portugueses. Vol.1

BAWEJA, Vandana. Dezembro de 2014. *Sustainability and the architectural History Survey*. <https://www.arcc-journal.org/>. Acedido em 22-10-2020

CARAMELO, Susana Cristina Marques. Agosto 2016. *A arquitetura sustentável e os materiais de construção vernacular*. Tese de arquitectura. Universidade Lusíada de Lisboa

CARDOSO, Alexandra; Maria Helena Maia. *Tradition and Modernity*. 2010. *The Historiography of the survey on regional architecture*. <https://comun.rcaap.pt/>. Acedido a 3-08-2020.

CORREIA, Mariana *et al.* 2014. *Vernacular Heritage and Earthen Architecture: contributions for sustainable development*. Boca raton: CRC Press.

CUNHA, Francisca Carolina Rodrigues Trigo Vale da. Novembro de 2015. *Arquitectura Sustentável: Contributos da Arquitectura Vernacular Portuguesa*. Tese de Arquitectura. Universidade Católica Portuguesa, Centro Regional das Beiras.

DIAS, Ana Maria *et al.* 2013. “REA 2013 Portugal.”. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020

FERNANDES, Ana Cristina *et al.* Junho de 2018. “Relatório do Estado do Ambiente: Portugal 2018.” Agência Portuguesa do Ambiente.
<https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020

FERNANDES, Jorge *et al.* 2015. Contribution of Portuguese Vernacular Building Strategies to Indoor Thermal Comfort and occupants’ Perception.
<https://www.mdpi.com/2075-5309/5/4/1242>. Acedido em 23-01-2020

FERNANDES, Jorge Emanuel Pereira. Outubro de 2012 O contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios. Tese de engenharia. Universidade do Minho.

FERNANDES, Jorge; Mateus, Ricardo. 28 de setembro 2012. Princípios de racionalização energética na arquitectura vernacular.
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21738>. Acedido em 27-11-2019

FERNANDES, Jorge; Ricardo Mateus; Luís Bragança. 2004. Arquitectura vernácula portuguesa: Lições de sustentabilidade para a arquitetura contemporânea.
<https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4332>. Acedido em 27-11-2019

FOSTER+PARTNERS. 1997. Commerzbank Headquarters. Frankfurt, Germany.
<https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>Acedido a 9-09-2020

GERMÁN, Javier García. De lo mecânico a lo termodinâmico. Por una definición energética de la arquitectura y del territorio.
<http://www.totemarquitectos.com/category/writing/books1/>. Acedido em 21-01-2020

GERMÁN, Javier García. 2014. Entornos termodinâmicos. Uma cartografia crítica em torno a la energia y la arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica superior de Arquitectura. <http://oa.upm.es/34326/>. Acedido a 22-08-2020

GERMÁN, Javier García. Fevereiro de 2017. Thermodynamic Interactions: An Architectural Exploration into Physiological, Material, Territorial Atmospheres. Actar Publishers. https://issuu.com/actar/docs/thermodynamic_interactions. Acedido a 14-08-2020

GARRIDO, Luis de. 2014. Arquitetura energia-cero. Barcelona: Monsa.

GAUZIN-MULLER, Dominique. 2002. Sustainable architecture and urbanism: concepts, Technologies, examples. Basel: Birkhauser.

GROSSMAN, Emily. 1 setembro de 2020. (Última atualização) “Part 5: Too hot to handle... Where are we heading?” <https://extinctionrebellion.uk/the-truth/the-emergency/part-5/>. Acedido a 5-10-2020

HINTE, Ed Van *et al.* 2003. Smart Architecture. Publishers, Rotterdam. <https://stealth.ulld.net/?p=1631>. Acedido a 22-10-2020

INSTITUTO DO AMBIENTE. 2001. “Relatório do Estado do Ambiente 2001 Portugal.”. Agência Portuguesa do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/edicoes-anteriores?language=pt-pt>. Acedido a 23-09-2020. P.23

LEBRE, Rui Aristides Bixirão Neto Marinho. 2016. From the organization of space to the organization of society: a study of the political commitments in post-war Portuguese architecture, 1945-69. Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra.

LOULANSKI, Vesselin; Tolina Loulanski. 2015. Cultural heritage and sustainable: interdisciplinary synthesis. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Pub.

MAIA, Maria Helena; Alexandra Cardoso. 2014. O inquérito à Arquitectura Regional: contributo para uma historiografia crítica do Movimento Moderno em Portugal. APHA – Associação Portuguesa de Historiadores da Arte. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/19935>. Acedido a 30-07-2020. P. 535-546

MATEUS, Ricardo Filipe Mesquita da Silva. Julho de 2009. Avaliação da Sustentabilidade da Construção: Propostas para o Desenvolvimento de Edifícios mais Sustentáveis. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho: Escola de Engenharia. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9886>. Acedido a 21-09-2020

MOE, Kill. 2014. Insulating modernism: Isolated and Non-Isolated Thermodynamics in Architecture. Basel: Birkhäuser.

MOITA, Francisco. Setembro de 1987. Energia Solar Passiva 1. Direção-geral de Energia. Imprensa Nacional –Casa da moeda, E. P.

MONTEIRO, Leandro José Paiva. 2017. A habitação beirã: a arquitectura bioclimática do Passado rural português. Tese de arquitetura. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

MOURÃO, Joana; Pedro, João Branco. 2012. Princípios de edificação sustentável. 1ªEd. Lisboa: LNEC.

MOUTINHO, Mário. 1979. A arquitectura popular portuguesa. Editorial Estampa, Lda., Lisboa. <https://www.academia.edu/27176309>. Acedido a 13-10-2020

OLIVEIRA, E. V., Galhano, F. 1992. Arquitectura Tradicional Portuguesa. Publicações Dom Quixote, Lisboa. Oliver.

ORDEM DOS ARQUITETOS. 2001. A green Vitruvius: princípios e práticas de projeto para uma arquitectura sustentável. Lisboa, OA.

PRISTA, Marta Lalanda. A memória de inquérito na cultura arquitetónica portuguesa. Centro em Rede de Investigação em Antropologia. Universidade Nova de Lisboa. <https://run.unl.pt/handle/10362/21419>. Acedido a 23-10-2020. P. 273-288

RAHM, Phillipe. Interior Gulf Stream. Housing and studio for Dominique Gonzalez-Foerster. <http://www.philipperahm.com/data/projects/interiorgulfstream/index.html>. Acedido a 19-08-2020

RIBEIRO, Orlando. Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico: Estudo Geográfico. Coimbra Editora. Exemplar 801. <http://purl.pt/421/4/#/15>. Acedido a 1-07-2020

ROAF, Sue; Fuentes, Manuel; Thomas, Stephanie. 2006. Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman.

TABB, Philippe James; A. Senem Deviren. 2016. The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design. Routledge: Taylor & Francis Group. London and New York. Prefácio.

TIRONE, Livia; Ken Nunes. 2007. Construção sustentável: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã. 1ª ed. Lisboa: Tirone Nunes.

TORGAL, F. Pacheco., & Jalali, Said. 2010. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Braga: TecMinho, D. L.

UMAKOSHI, Erica Mitie. 2014. Avaliação do Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o projeto do Edifício Alto. Tese de doutoramento. Faculdade de Arquitetura e urbanismo. São Paulo.

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02072014-114503/en.php>. Acedido a 10-10-2020. P. 51

WASSOUF, Micheel. 2014. Da casa passiva à norma passivhaus. A arquitetura passiva em climas quentes. Barcelona: Editorial Gustavo Gilli, SL.

WILKINSON, Nicholas *et al.* 2016. Forging advances in sustainable architecture and urbanism. Open House International. The Urban International Press, Great Britain. Vol.41 n° 4.