



GUIA DE FORMAÇÃO EM ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES





FICHA TÉCNICA

Título:

Guia de formação em Arquitetura Bioclimática e Eficiência Energética dos Açores

Promotor:

Governo dos Açores – Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas

Edição:

Ordem dos Arquitectos – Secção Regional dos Açores

Coordenação Geral e Prefácio:

Nuno Costa

Presidente do Conselho Diretivo da Secção Regional dos Açores da Ordem dos Arquitectos

Coordenação Editorial:

Joana Mourão

Nadir Bonaccorso

Autores:

Francisco Fernandes, Engenheiro

Joana Mourão, Arquiteta [Ph.D]

João Santa Rita, Arquiteto [Ph.D]

José Nunes, Engenheiro

Nadir Bonaccorso, Arquiteto [Ph.D]

Paula Serra, Arquiteta

Paulo Franco, Arquiteto

Pedro Perpétuo, Engenheiro

Ricardo Camacho, Arquiteto

Ricardo Resende, Engenheiro [Ph.D]

Sara Parece, Arquiteta

Design Gráfico:

Pedro Martins

ISBN: 978-972-8897-69-7

Local e Data:

Ponta Delgada, janeiro de 2024

Contacto:

acores.presidencia@ordemdosarquitectos.org

info.draac@azores.gov.pt

Os editores integram unidades de investigação financiadas pela Fundação para a Ciência e Tecnologia: CITUA (10.54499/UIDB/05703/2020) e CIAUD (UIDB/04008/2020 e UIDP/04008/2020).



Índice

Índice de figuras	4
Prefácio	5
Editorial	7
Parte 1: Arquitetura, clima e energia em formação	9
1.1 Arquitetura e clima em mudança	10
1.2 Clima e energia em edifícios nos Açores: introdução	15
1.2.1 Arquitetura bioclimática nos edifícios	16
1.2.2 Arquitetura bioclimática nos Açores	23
1.2.3 Eficiência energética em edifícios	29
1.2.4 Eficiência energética nos Açores	35
1.3 Desafios do carbono Incorporado e da Avaliação de Ciclo de Vida nos edifícios	43
Parte 2: Ambiente construído, clima e recursos em reflexão	53
2.1 Projetar com o clima nos anos 60 em Portugal	54
2.2 O legado do parque edificado no arquipélago dos Açores	63
2.3 Ação climática no âmbito da prática da arquitetura: princípios ou procedimentos?	69
Referências bibliográficas	75
Nota final	79

Índice de figuras

Figura 1 Impacte ambiental por fases no ciclo de vida de um edifício.	17
Figura 2 Representação sistemática de fatores de conforto.	17
Figura 3 Axonometria de volume com trajetória solar para latitude 41°N e gráfico da radiação incidente sobre superfícies verticais e horizontais durante um ano.	19
Figura 4 Exemplo de proteção solar ineficaz, pelo interior, obstaculizando a ventilação e a abertura das janelas.	20
Figura 5 Esquema metodológico de análise bioclimática.	24
Figura 6 Exemplos de direcionamento do vento.	26
Figura 8 Exemplo de ficha de análise climática.	27
Figura 7 Impacte da inércia térmica no edifício consoante o clima.	27
Figura 9 Análise bioclimática e proposta de integração climática.	28
Figura 10 Tabela 1 da Portaria n.º 138-I/2021	30
Figura 11 Tabela 3 da Portaria n.º 138-I/2021	31
Figura 12 Tabela 4 da Portaria n.º 138-I/2021	31
Figura 13 Tabela 6 da Portaria n.º 138-I/2021	32
Figura 14 Tabela 8 da Portaria n.º 138-I/2021	33
Figura 15 Quadro cronológico da evolução do enquadramento regulamentar no continente e nos Açores.	36
Figura 16 Indicadores do SCE Açores – Edifícios ou frações certificadas.	37
Figura 17 Informação constante folha de rosto do Certificado Energético.	37
Figura 18 Gráficos de temperatura e humidade com os valores diários das observações em 3 estações da Estações da Rede Hidrometeorológica dos Açores.	39
Figura 19 Fontes de emissões por fase do ciclo de vida (A, B, C, D) de um edifício de acordo com as fases definidas na Norma europeia (EN) 15978.	44
Figura 20 Relevância do Carbono Incorporado no ciclo de vida.	45
Figura 21 Exemplo simplificado do processo de cálculo da ACV.	46
Figura 22 Fases do ciclo de vida de um edifício de acordo com a EN 15804 e ISO 21930.	47
Figura 23 Distribuição do Carbono Incorporado por fase do ciclo de vida.	49
Figura 24 Tipos de dados de potencial de aquecimento global de materiais e produtos em cada fase do ciclo de vida	49
Figura 25 Imagens do Inquérito - Zona 6 (Algarve) – As parreiras a sombrear os pátios de entrada e os “encançados” a isolar os telhados.	55
Figura 26 Estudos de caso na região norte de Portugal – de cima para baixo – Casas de Caminha; Quinta do Joanamigo e Casa da Serra.	57
Figura 27 Estudos de caso na região sul de Portugal – de cima para baixo – Casa de Albarraque; Casa de Vila Viçosa e Casa Keil do Amaral.	58
Figura 28 Gráfico – Temperaturas durante o mês de agosto (1 - 31) e fevereiro (1 - 28) registadas no exterior e na sala de estar, quarto principal do nível intermédio e “torreão”.	60
Figura 29 Número de edifícios construídos por período de construção em Portugal.	64
Figura 30 Distribuição de certificados emitidos por classe energética em Portugal.	64
Figura 31 Número de edifícios construídos por período de construção nos Açores.	65
Figura 32 Edifícios construídos por ilha e por período de construção nos Açores.	65
Figura 33 Número de certificados emitidos por classe energética nos Açores.	66
Figura 34 Estado de conservação dos edifícios nos Açores.	66
Figura 35 Distribuição alojamentos de residência habitual nos Açores com ar condicionado.	67
Figura 36 Imagem recolhida durante o workshop de construção em madeira de criptoméria aberto a arquitetos, designers e carpinteiros entre os 18-35 anos, Trilho da Estrada Real, Vila Franca do Campo, Festival Walk&Talk, 2017	70
Figura 37 Casa Rosa Muerta, de Arco Mais (Paulo Lima e Chiara Bettelli), Iha de São Miguel, 2014 - 2015.	73

Prefácio

O Ambiente e as Alterações Climáticas são temas que têm vindo a ganhar maior relevância junto da sociedade, no geral, tendo a Arquitectura um importante contributo a dar com vista a garantir a qualidade e a sustentabilidade do ambiente construído. Se no passado os edifícios tinham pouca climatização e integravam muitos materiais endógenos, repercutindo-se em baixos consumos energéticos, no presente os edifícios, para fazer face às atuais exigências de conforto ambiental e de habitualidade, apresentam novas soluções e componentes construtivas, traduzindo-se num maior consumo energético. Logo, reduzir emissões para estabilizar o clima e obter conforto higrotérmico e de habitabilidade na (re)construção do edificado com baixo consumo de energia e baixas emissões de carbono, dando uma eficiente resposta à mitigação, descarbonização e suficiência energética, são alguns dos desafios atuais da Arquitectura.

A Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas (DRAAC), um departamento da Secretária Regional do Ambiente e Alterações Climáticas do Governo dos Açores, consciente de que o edificado deve responder aos desafios ambientais e contribuir para a mitigação de impactes, através da adaptação da Arquitectura ao território e dos processos e componentes construtivas e materiais, dirigiu um convite à Secção Regional dos Açores da Ordem dos Arquitectos (SRAZO) para promover uma formação em Arquitectura Bioclimática e Eficiência Energética dos Açores e para elaborar um guia também em Arquitectura Bioclimática e Eficiência Energética dos Açores.

Estas duas iniciativas, destinadas, sobretudo, a profissionais da área de Arquitectura e Engenharia Civil, foram desenvolvidas no âmbito do projeto PlanClimac, que visa promover a Macaronésia como “um laboratório de estudos sobre as alterações climáticas, através de planeamento conjunto, monitorização, observação, melhoria do conhecimento e sensibilização da população para os riscos e ameaças da mudança climática”, tendo como principal objetivo, “permitir o desenvolvimento das suas competências na execução de projetos que melhorem o comportamento térmico, a eficiência energética e a circularidade ao longo de toda a vida dos edifícios, permitindo a redução de emissões poluentes, especialmente de CO₂”.

Assim, a SRAZO reuniu um conjunto de profissionais altamente qualificados e com reconhecido conhecimento nas áreas da Ecologia do Ambiente Construído, da Arquitetura Bioclimática e sobre o Arquipélago dos Açores - uma região insular e ultraperiférica, vulnerável aos fenómenos provocados pelas alterações climáticas, e que também se encontra sujeita às tensões dos efeitos ambientais provocados pela produção, transformação de matérias-primas e circularidade dos materiais à escala glocal.

A SRAZO agradece à DRAAC, pela parceria e pela confiança para o desenvolvimento destas duas iniciativas, e a todos os arquitetos e engenheiros – editores, autores, formadores e formandos –, pelos seus preciosos contributos, essenciais para a elaboração deste Guia e para a realização da formação, ambos dedicados à temática da Arquitetura Bioclimática e Eficiência Energética nos Açores.

Nuno Costa, Arquiteto

Presidente do Conselho Diretivo da Secção Regional dos Açores da Ordem dos Arquitectos

Editorial

Este guia dá continuidade a um intenso debate na academia e na comunidade profissional dos arquitetos em torno das necessidades de mudança na arquitetura face às mudanças no clima e no paradigma de utilização de energia. Este debate teve lugar também no 16º congresso da Ordem dos Arquitectos (*Change Matters*, em Ponta Delgada, março de 2023), onde foi referido que essa “mudança” é possível, mas exige conhecimento, experimentação e inovação, como também enfatizado na recomendação aí apresentada pela Comissão Técnica de Sustentabilidade da Ordem dos Arquitectos. Desta reflexão e do trabalho da Secção Regional dos Açores da Ordem dos Arquitectos, avançou-se para uma abordagem formativa ao desígnio da mudança do ambiente construído para paradigmas ecológicos, concretizada em novembro de 2023 com o apoio da Direção Regional do Ambiente e Alterações Climáticas dos Açores.

Este guia consiste num documento que introduz e guia o leitor nos conteúdos essenciais nesta matéria, e na reflexão necessária para se abordar as temáticas da arquitetura em mudança e em transição carbónica, compreendendo o papel do clima (e da arquitetura bioclimática) e da energia (e da eficiência energética regulamentar) no projeto e na construção, em particular no contexto inspirador e específico dos Açores, uma região insular num contexto climático e energético de especial vulnerabilidade.

O guia aborda os desafios energéticos e climáticos globais e locais no ambiente construído; os princípios de arquitetura bioclimática; a térmica de edifícios; e, os requisitos de contenção e eficiência energética. Textos específicos introduzem princípios de arquitetura bioclimática, com a apresentação de casos de referência e requisitos essenciais de desempenho energético dos edifícios, com referência ao Sistema de Certificação Energética (SCE) e à regulamentação em vigor no continente ou na Região Autónoma dos Açores (RAA).

Na primeira parte deste guia é feita uma introdução à arquitetura e ao clima em mudança, seguida de breves textos essenciais sobre arquitetura bioclimática e sobre eficiência energética, em edifícios e nos Açores. Estes abordam: princípios, casos e estratégias de arquitetura bioclimática, com apoio de ferramentas digitais; e, eficiência energética em edifícios de necessidades energéticas quase nulas, em geral e nos Açores. O artigo “Desafios do carbono incorporado e da avaliação de ciclo de vida nos edifícios” finaliza esta parte com uma abordagem

a conceitos da resposta climática e energética por parte da construção, colmatando algumas necessidades de informação e literacia nesta matéria.

Numa segunda parte, são reunidos contributos de autores que oferecem uma visão sobre o ambiente construído, e os edifícios, face às exigências de um clima instável e de recursos naturais limitados. Abrindo a temática, o artigo “Projetar com o clima em Portugal: anos sessenta” traz uma visão retrospectiva inovadora da arquitetura residencial moderna regionalista, face aos princípios da bioclimática e verificando a sua eficácia no conforto de edifícios. Esta investigação, sobre arquitetura realizada no continente reportando ao conhecimento levantado pelo inquérito à arquitetura popular portuguesa, demonstra como pôde ser dada uma resposta climática, ainda que sem suporte científico. Não sendo um artigo sobre os Açores, introduz um olhar inovador sobre um património moderno que pode ser replicado noutros territórios, desvendando qualidades dos edifícios que permanecem.

Incidindo sobre os Açores, o retrato do edificado corrente é apresentado em 'O legado do parque edificado no arquipélago dos Açores', texto que reflete sobre a sustentabilidade energética e a aplicação do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios.

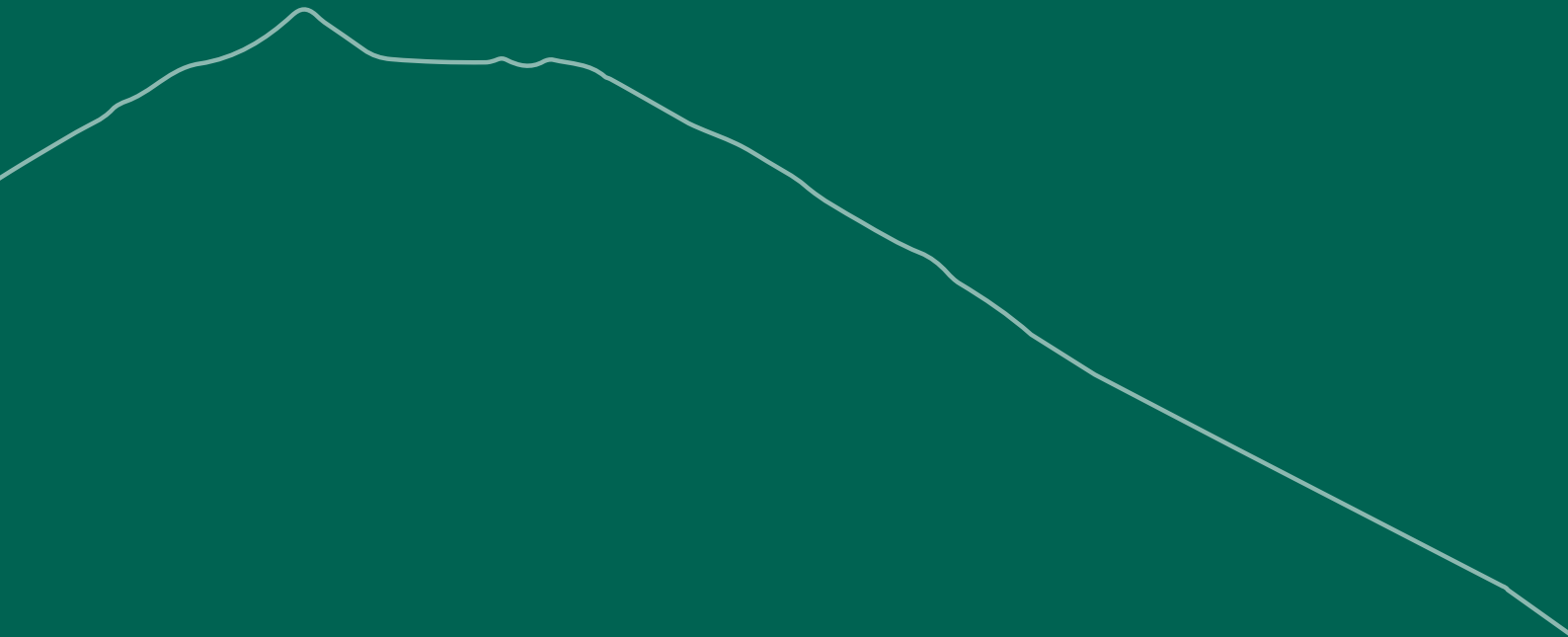
Finalmente, do ponto de vista da prática de arquitetura atual “Ação climática no âmbito da prática da arquitetura: princípios ou procedimentos?” aborda as escolhas e as condicionantes do projeto de arquitetura que enquadram uma desejada “ação climática” nos Açores a partir do edificado.

Espera-se com este documento divulgar uma visão informada e crítica sobre o edificado, a infraestrutura e a prática da arquitetura, num território específico, num momento de reencontro com os princípios da arquitetura bioclimática, condicionado por um quadro regulamentar da construção denso e evolutivo no domínio do desempenho energético dos edifícios.

Joana Mourão | Nadir Bonaccorso



Parte 1:
Arquitetura,
clima e
energia em
formação



1.1 Arquitetura e clima em mudança

JOANA MOURÃO

CITUA, INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, UNIVERSIDADE DE LISBOA, AV. ROVISCO PAIS 1, 1049-001, LISBOA

NADIR BONACCORSO

CIAUD, CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN, FACULDADE DE ARQUITETURA, UNIVERSIDADE DE LISBOA

1. Mudança climática e ambiente construído

De acordo com uma recente e mediática publicação na revista *Nature*, um pequeno e profundo lago no Canadá, o lago de Crawford, documenta nos seus sedimentos mais uma evidência da significativa alteração da composição atmosférica decorrida na época geológica em que nos encontramos: o *Antropoceno*. Esta publicação estabelece um marco temporal, adicional ao da criação da máquina a vapor de potência constante, em 1784 (estabelecido por Crutzen e Stoermer, 2021; 2013), que é agora referente à concentração de isótopos decorrentes das experiências com a energia atômica, a partir de 1950 (Witze, 2023).

A “ciência normal” identifica e confirma, assim, uma realidade anômala: a prosperidade humana gerou uma transformação do planeta, e do habitat, que conduz à sua possível inhabitabilidade. Este reconhecimento do *Antropoceno* legitima a necessidade de uma rutura epistemológica (Kunh, 1972) que poderá encontrar-se já em curso (Stoll, 2023). A par do seu reconhecimento, a informação sobre mudança climática dissemina-se: a (in)sustentabilidade climática é documentada persistentemente pelo Painel Internacional para as Alterações Climáticas (IPCC), focando três mensagens: a humanidade está a influenciar o clima com mais intensidade do que era previsto; a adaptação (ao clima em mudança) é limitada e são precisas medidas mais urgentes; as emissões continuam a aumentar, mas felizmente aumentam a um ritmo mais lento (IPCC, 2022).

As emissões de gases com efeito de estufa (GEE), ou carbono equivalente, considerando os principais gases com esse efeito, são o principal agente da mudança climática. O aumento deste carbono equivalente na atmosfera representa dois tipos de riscos: primeiro, o esgotamento das reservas acessíveis da litosfera de onde provém, este já previsto pelos conservacionistas do séc. XIX, face à depredação industrial e colonial (Marsh, 1866); e, segundo, a alteração e degradação ambiental (e atmosférica), considerada pelos economistas ecológicos do séc. XX, como Georgescu Roegen (1951), Donella Meadows (1972) ou por Gro Brundtland (1987), e que agora se evidencia na forma de alterações climáticas e de aquecimento global.

Face às emissões crescentes, a ação climática assume duas vertentes complementares: a *mitigação*, que visa reduzir as causas, reduzindo os consumos, preservando os recursos, e que se traduz em medidas de eficiência ambiental e em particular de eficiência energética; e, a adaptação que, por sua vez, se destina a reagir às consequências, gerindo o risco ambiental, e criando condições adaptativas de segurança ambiental. Estas constituem duas

distintas frentes de ação, também no ambiente construído, e, se uma pretende contrariar o fenómeno da mudança climática, considerando que este pode ser travado, outra pretende adaptar-se e reagir ao fenómeno, assumindo que já não é, em parte, reversível.

A ação climática, por parte dos arquitetos, no seu âmbito profissional, implica atuar direta e indiretamente no ambiente construído, também por duas vias: mitigando a produção de emissões, através da eficiência e da redução do consumo de energia na prestação de habitabilidade e conforto; e, adaptando o ambiente construído a um clima global em mudança, atuando não só no espaço físico e formal, mas também no espaço higrotérmico, gerindo o clima local e os recursos naturais disponíveis para viabilizar a habitabilidade e conforto num contexto de vulnerabilidade e incerteza.

2. Arquitetura Bioclimática

Arquitetura, Clima e Energia é uma tríade que reemerge nos paradigmas da conceção do habitat, de acordo com os ciclos de desenvolvimento e relacionamento do Homem com a Biosfera. A arquitetura desliga-se do clima e da energia quando pode, e assim o fez pelo menos desde o início do *Antropoceno*. Fora deste pequeno período da História, a Arquitetura é ela própria uma atividade de relação com o clima (Serra, 1998) e com a energia - entendida como fluxo vital de conversão da radiação solar e da biomassa em matéria e em espaço habitável (Odum, 1980).

A atmosfera e o clima, como fonte de energia, definem habitáculos e uma noção desse confinamento inevitável é nos dada pela abóbada celeste: o Panteão romano, do século primeiro, traduz essa “casa climática” primordial, com a sua cúpula com óculo aberto ao centro, como ábaco de geometria solar. Este edifício mostra-nos que estamos confinados a esta esfera, e que a posição em que ela se encontra face ao sol determina as assimetrias sazonais do habitat, a que vulgarmente se chama *clima* e que nos é apresentado como uma média estatística de variantes climatéricas, geralmente em séries de cinquenta anos.

Face à mudança e instabilidade climática, o clima no espaço habitável é agora duplo e geri-lo implica: estabilizar o clima global, emitindo menos e regenerando mais; e, criar um clima local habitável, concebendo, adaptando e reconstruindo espaços para uma habitabilidade bioclimática que faz do clima, conforto. Hoje, desenhar para e com o clima torna-se o assunto central na construção e reconstrução de edifícios e do *habitat*, ao reduzir a intensidade no uso de energia, reduzindo emissões, e recolocando o conforto e a estabilidade climática como papel principal do ambiente construído.

A arquitetura é referida como bioclimática quando incorpora, na sua génese, o melhor aproveitamento dos elementos climáticos em prol do conforto térmico no espaço projetado. Esta metodologia de projeto, enriquecida pelo estudo climático, encontra a sua primeira referência no ocidente, na primeira metade do século I a.C., no tratado de Vitruvio Pollione, o “de architectura” (Pollione, 1829). Uma leitura atenta do tratado revela que os “três pontos da arquitetura” de Vitruvio (*firmitas, utilitas et venustas*), só existem se suportados, à priori, por escolhas ecológicas. Vitruvio intitula o capítulo quarto do seu tratado, “a escolha de lugares saudáveis”, e refere, no capítulo sexto, que “os edifícios privados estarão bem construídos se desde o princípio se teve em conta a orientação e o clima em que se constrói; porque não há dúvida que as construções serão diferentes feitas no Egito ou em Espanha...”.

A adaptação dos edifícios ao clima e aos recursos existentes continuou a ser uma prática comum, até a Revolução Industrial. A climatização natural nos edifícios, encontra outra definição na arquitetura vernacular, que ganhou visibilidade nos anos sessenta, graças à exposição “Architecture without Architects”, apresentada no MoMA de New York em 1964 por Bernard Rudofsky (1964), mostrando, aos olhos esquecidos da sociedade contemporânea, soluções de espaços arquitetônicos integrados, de grande qualidade e adaptados ao clima. É também nos anos sessenta que Victor Olgyay, um arquiteto húngaro, emigrado para os Estados Unidos, publica a primeira edição do livro “Design with climate” (1963), o primeiro suporte científico para uma metodologia de projeto arquitetônico, que tira partido da análise climática para fornecer conforto, de forma passiva, aos edifícios.

Contudo, esta experiência ancestral, agora quantificada e transformada em metodologia, não encontra aderência na arquitetura no antropoceno, tendo a sociedade apostado o seu destino na *acumulação ilimitada* (Latouche, 2006). Numa entrevista ao periódico «The Guardian» (Michael, 2016), Rem Koolhaas lembra o reduzido impacto que as disciplinas sobre estratégias passivas tinham nos estudantes de arquitetura durante a sua frequência: *“Estudei em Londres em 1968. A nossa escola tinha o departamento de estudos tropicais em separado. Era completamente fora de moda, em parte porque ninguém queria pensar em colonialismo, mas efetivamente o que se aprendia era que, OK, o sol está aqui, desta forma crias ventilação natural aí - uma incrível quantidade de princípios que foram completamente abandonados, desta forma tudo é ar condicionado com grandes máquinas.”*

Hoje, perante a aceitação de que os avisos lançados sobre as alterações climáticas nos últimos 50 anos se tornaram realidade, a sociedade parece estar mais receptiva à necessidade de mudança de paradigma: na arquitetura, a eficiência energética e o conforto de baixo consumo são novas exigências!

A investigação desenvolvida sobre o uso da bioclimática nos edifícios, sejam eles contemporâneos ou vernaculares, permite quantificar em energia as diferenças entre escolhas de desenho, demonstrando a pertinência e a eficácia do uso dos fatores climáticos na arquitetura. Se a recente promoção, pela Ordem dos Arquitetos Portugueses, de ciclos de formação sobre a sustentabilidade na arquitetura, como os cursos “da Linha ao Círculo” ou “Arquitetura bioclimática e eficiência energética nos Açores”, anunciou uma tomada de consciência e uma preocupação em formar melhor esta classe profissional, também demonstrou a inércia por parte da Academia Portuguesa em introduzir este novo [ancestral] léxico, no ensino e experimentação da arquitetura.

O caminho da arquitetura, neste novo contexto planetário, deverá integrar a aplicação das estratégias bioclimáticas (Givoni, 1994), utilizando o sol como recurso (Moita, 2010) e continuar rumo à sua renovação, respondendo “à expressão de uma época” (Puente, 2006), valendo-se da investigação científica e rompendo a separação disciplinar entre engenharia e arquitetura, já criticada por Le Corbusier (1966), rumo a um equilibrado modelo construtivo e habitacional que combine ecossistemas, cultura, técnica e tecnologia, reconhecendo que limitar o aquecimento do planeta, por via da restrição do consumo de energia, é apenas uma parte da resposta climática regenerativa que nos é exigida (Attenborough, 2020).

3. Culturas construtivas

A “Economia Circular”, assente em recursos endógenos, regenerados e renováveis, é um caminho de futuro porque cumpre as quatro condições fundamentais de sustentabilidade ecológica (Odum, 2004): a manutenção do capital natural finito; a restituição cíclica dos resíduos à condição de recursos; a limitação da contaminação ambiental; e, a distribuição justa dos custos e benefícios inerentes ao cumprimento das três primeiras condições (Kate Raworth, 2012).

A atual economia linear que organiza o setor da construção, sendo responsável por 40% das emissões totais e planetárias de GEE (Economou e Menegaki, 2023) deve tornar-se circular, tendo em conta o ciclo de vida de cada elemento do ambiente construído e ser regenerativa, para o ambiente como para o Homem, ajudando à construção de uma arquitetura “glocal” e eco eficiente, capaz de aceder ao conhecimento global e ao mesmo tempo capaz de projetar com os recursos naturais e socioculturais que se encontram no local, mitigando efeitos negativos e adaptando-se à nova e incerta realidade. No meio urbano, local e global, e face aos exigentes equilíbrios entre benefícios ambientais e sociais, é para essa economia regenerativa que devemos caminhar (McArthur, 2019).

Porém, “Economia circular” e “Arquitetura bioclimática e eficiência energética dos edifícios” são chavões do léxico de uma “transição ecológica”, que tarda a chegar. Na indústria da construção civil, por exemplo, existem diversas formas de reutilização de materiais, ou de construção com materiais naturais, que fazem parte dessa transição (vd. vídeo do fórum “*economia circular, intenção ou realidade?*”, Praia da Vitória, novembro de 2023¹): projetos de investigação e de apoio à construção, como os em curso no Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores (LREC), indicam uma via institucional para essa reutilização; a investigação académica tem também mostrado a aplicabilidade das argamassas de assentamento de alvenaria de pedra com barro, nos Açores, analisando localidades para a extração deste material; e, obras construídas na região do Douro testemunham a possibilidade de aplicação em edifícios de componentes auto produzidos e de componentes inovadoras e ecológicas já presentes no mercado.

Por outro lado, podem também ser identificadas práticas de arquitetura de baixa extração, na arquitetura moderna e contemporânea, como por exemplo as ilustradas pelo atelier Mezzo (vd. vídeo do fórum “*arquitetura e ecologia, duas faces da mesma moeda?*”, Ponta Delgada, novembro de 2023²), ou as ilustradas por investigação sobre a arquitetura que reporta ao conhecimento levantado pelo inquérito à arquitetura popular portuguesa, dos anos 60 do séc. XX, e demonstra como pode ser dada uma resposta climática e utilizados materiais endógenos, ainda que sem o suporte científico da eficiência energética da construção. Ainda, face ao problema do extrativismo na construção, a cultura dominante e exclusiva de construção em pedra nos Açores sugere-nos a possibilidade de uma arquitetura açoriana inovadora se basear alternativamente numa cultura construtiva da madeira, investindo na exploração de um recurso endógeno (ainda que originário do Japão) de elevado potencial: a madeira de criptoméria. Mas nos Açores, arriscar, mudar e cruzar culturas, e transitar da cultura de uma pedra de elevado impacte à cultura da madeira renovável, será possível e desejável? Os estudos bioclimáticos para esta região insular, com clima húmido e ameno dizem que sim.

1 <https://www.youtube.com/watch?v=ITXHzO8NEu0>

2 <https://www.youtube.com/watch?v=av1QQTqUqq0>

O betão armado, desvendado pelo arquiteto moderno João Rebelo, por de trás das fachadas conservadoras da praça de Ponta Delgada, chegou aos Açores antes da própria arquitetura moderna, e esta, que o adotou como era sua vocação, deixou-nos o legado disperso de uma aspirante arquitetura metamoderna (Barata, 2023). Tanto no continente como nos Açores, a arquitetura futurista que João Rebelo manifestou com radicalismo e inovação, transformou-se em estagnação estética, convergindo com a estagnação da indústria da construção, que se acomodou aos benefícios da dupla vidro-betão, subprodutos da pedra, e aí tem ficado refém desde há já 70 anos.

Estas materialidades dominantes no ambiente construído nos Açores evidenciam impactes económicos, ambientais e paisagísticos: a cimenteira no centro da principal ilha, com o uso intensivo do inerte vulcânico, define o material de construção que substituiu rapidamente a pedra eruptiva usada em alvenarias irrepetíveis, mas extensamente reutilizáveis e duradouras. Face a estas expressivas antigas assemblagens de materiais naturais, é compreensível a nostalgia pela arquitetura pré-industrial e pré-antropoceno, que, suplantando em qualidade a arquitetura de mercado das moradias dispersas no arquipélago, legitima a “economia circular” dos edifícios como programa estético que concretiza também uma economia de contenção e de decrescimento (Jackson, 2009).

1.2 Clima e energia em edifícios nos Açores: introdução

“Clima e energia em edifícios” são temas profundamente estudados na década de 70 do séc. XX que ressurgiram no novo milénio, dando um novo ímpeto às preocupações com o desempenho ambiental dos edifícios. Neste âmbito, “Arquitetura Bioclimática” e “Eficiência Energética” em Edifícios são especialidades naturalmente complementares, tendo em comum o conforto ambiental em edifícios com baixo consumo de energia, mas podem, em alguns aspetos, divergir.

A arquitetura Bioclimática e o uso da energia solar passiva em edifícios relacionam-se estreitamente com o clima, em toda a sua abrangência de fatores (vd. 1.2.1 e 1.2.2) e com o conforto ambiental em várias dimensões. A eficiência energética em edifícios (vd. 1.2.3 e 1.2.4) foca-se principalmente no conforto higrotérmico ativo, e na qualidade do ar interior, e considera zonas climáticas de verão e inverno padronizadas, baseadas na temperatura e humidade, consoante a localização geográfica.

Para abordar estes assuntos, em geral e no contexto dos Açores, a formação sobre “Arquitetura Bioclimática e Eficiência Energética nos Açores” - dirigida aos arquitetos que exercem nos Açores, e solicitada pela Secretaria Regional do Ambiente e Alterações Climáticas dos Açores, na sequência do Programa Regional para as Alterações Climáticas dos Açores de 2017 (vd. 1.1) - estruturou-se em dois módulos: um primeiro módulo apresentou temas gerais (desafios energéticos e climáticos globais e locais no ambiente construído; introdução e visão global do projeto bioclimático; princípios de arquitetura bioclimática e casos de referência; e, térmica de edifícios, contenção e eficiência energética e nZEB); e, um segundo módulo dedicado a temas regionalmente específicos (projeto bioclimático nos Açores, na era digital - da teoria à prática; arquitetura, contexto ambiental, clima, recursos e construção nos Açores; suficiência e eficiência energética nos edifícios nos Açores; e, adicionalmente, desafios do carbono incorporado e da avaliação de ciclo de vida nos edifícios - introduzindo conceitos relevantes para o contexto insular dos Açores, ainda que não regionais).

Cinco textos respetivos a esta formação foram incluídos neste guia, sendo apresentados seguidamente (vd. 1.2.1 a 1.2.4 e 1.3), incidindo sobre três temas fundamentais do conhecimento sobre *Clima e energia em edifícios nos Açores*:

- **Arquitetura Bioclimática**

- princípios de arquitetura bioclimática, com a apresentação de casos de referência; e,
- arquitetura bioclimática aplicada nos Açores, com ferramentas digitais de apoio.

- **Eficiência Energética em Edifícios**

- térmica de edifícios, Sistema de Certificação Energética (SCE) e regulamentação em vigor no continente, a adotar na Região Autónoma dos Açores (RAA); e,
- eficiência e suficiência energética dos Edifícios nos Açores, considerando a regulamentação ainda em vigor na RAA.

- **Carbono incorporado no ciclo de vida dos edifícios.**

1.2.1 Arquitetura bioclimática nos edifícios

PAULA SERRA

COOPERATIVA SOCIETAT ORGÀNICA, BARCELONA

O desenho é a ferramenta por excelência do arquiteto. Da sua qualidade em diferentes âmbitos depende a qualidade do próprio edifício. O âmbito do conforto térmico não é exceção: o conforto térmico ou a falta dele é, em primeira instância, o resultado de um desenho arquitetónico mais ou menos adequado ao clima onde se encontra e às funções que o edifício que serve. Em suma, assegurar o bem-estar higrotérmico na edificação é função e responsabilidade do arquiteto. O desenho bioclimático reduz a vulnerabilidade do edifício às alterações climáticas, reduz o consumo energético e as emissões de gases com de efeito estufa, e melhora as condições de bem-estar e saúde dos seus ocupantes.

Neste âmbito, abordar “Princípios de arquitetura bioclimática e casos de referência” permite: esclarecer a importância do papel do arquiteto na eficiência energética e na qualidade higrotérmica dos edifícios; indicar estratégias a considerar num processo de desenho enriquecido de valores bioclimáticos; e, motivar o espírito crítico e capacitar a avaliação da qualidade de sustentabilidade de um edifício, no âmbito da energia e do conforto.

A bioclimática relaciona-se com a fase de uso e manutenção de um edifício, uma das fases que compõem as sete fases habituais do seu ciclo de vida. Esta fase representa, na construção tradicional, cerca de 64% do impacte ambiental do edifício, pelo que é decididamente uma das fases mais importantes a analisar e prever, se o objetivo é reduzir o impacte ambiental dos edifícios. Não obstante, é importante ter em consideração que em estudos recentes, em edifícios onde já se levaram a cabo melhorias ao nível energético, a seguinte fase de ciclo de vida mais importante é a do impacte gerado pelo fabrico de materiais.

O objetivo deve ser, portanto, incidir sobre o comportamento térmico operacional sem nunca perder de vista a visão global de todo o ciclo de vida. (vd. *Figura 1*).

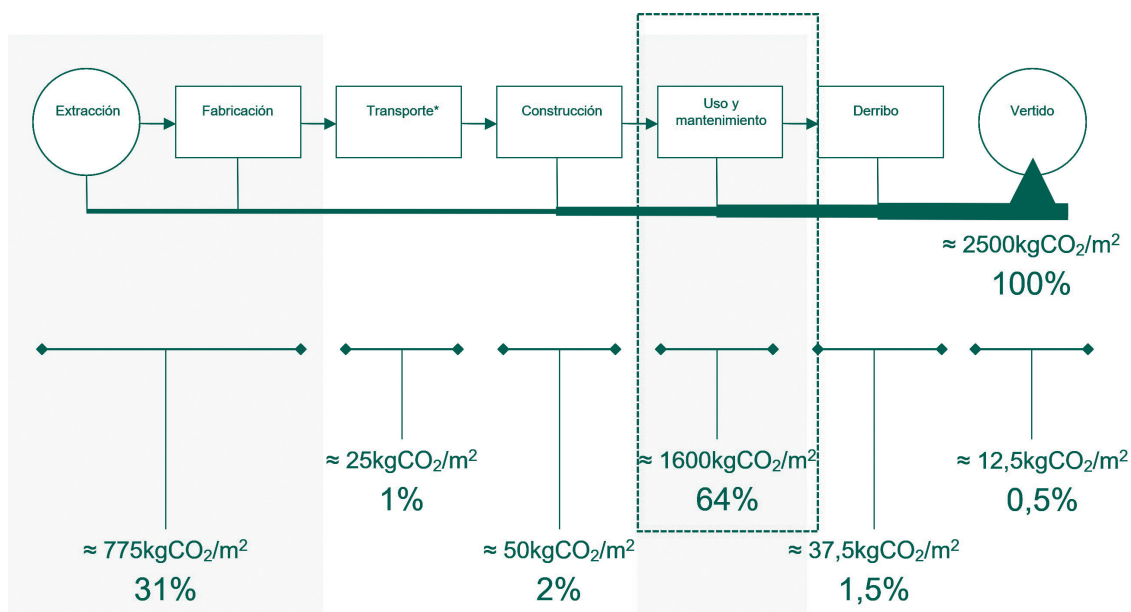


Figura 1
 Impacte ambiental por fases no ciclo de vida de um edifício. Wadel G. (2009)

Os valores da bioclimática medem-se habitualmente a partir de dois indicadores: as necessidades térmicas e o conforto dos edifícios.

As necessidades térmicas do edifício, medidas em unidades de energia (kWh), definem-se pela energia útil necessária para que determinado edifício esteja em condições de conforto térmico. Quanto mais baixas são as necessidades térmicas para garantir o conforto, mais bioclimático é o edifício e, portanto, menor a sua dependência de sistemas ativos de climatização.

Nas normativas nacionais o conforto térmico é reduzido a dois parâmetros: a temperatura do ar e a humidade relativa, estando determinados os limites em que os valores destes parâmetros devem oscilar para se garantir o conforto térmico. No entanto, o conforto térmico é mais complexo de medir e depende de bastantes mais parâmetros que devemos considerar no momento de projetar, entre eles a temperatura radiante da envolvente térmica, a velocidade do ar, a atividade desenvolvida, etc. (vd. Figura 2).

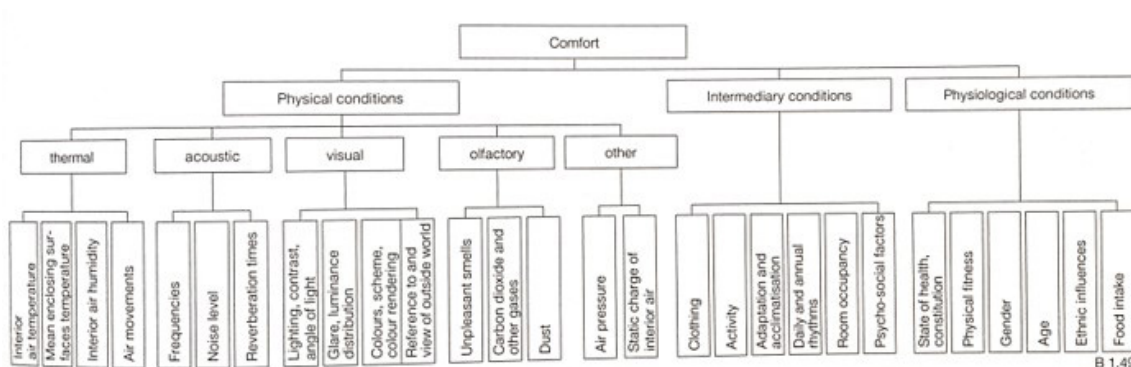


Figura 2
 Representação sistemática de fatores de conforto. Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer (2008)

Vários fatores incidem sobre as necessidades térmicas e o conforto dos edifícios:

1. Clima – O clima onde se insere o edifício deve ser objeto de estudo e interpretação, desde os fatores climáticos que não se alteram, como a latitude, a continentalidade, a altitude sobre o nível do mar, etc. Até aos elementos climáticos, como a temperatura média, mínima e máxima, humidade relativa, radiação, etc. que sendo parâmetros variáveis, se podem analisar a partir de ficheiros climáticos estatísticos, com dados recolhidos por um período longo. Devido às alterações climáticas que o planeta está a enfrentar, é conveniente ter em consideração também os cenários de alteração climática. Os cenários RCPs (Representative Concentration Pathway) são: RCP 2.6 (baixas emissões), RCPs 4.5 e 6.0 (cenários intermédios) e o RCP 8.5 (muito altas emissões), tal como estabelece o relatório – Climate Change 2014 do IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014).

2. Condições de uso e funcionamento – O uso do edifício, o horário e o calendário de uso são fatores determinantes no consumo do mesmo. Em primeiro plano haverá que distinguir entre edifícios de habitação, por norma ocupados nos períodos frios do dia e, portanto, habitualmente com maiores necessidades de aquecimento, dos edifícios de serviços, por norma ocupados em horas diurnas, horas mais calorosas e, portanto, habitualmente com mais necessidades de arrefecimento. Também determinarão as necessidades térmicas do edifício e a sua intensidade de carga interna. A carga interna é o calor produzido pelos ocupantes, pelos equipamentos ou eletrodomésticos e pela iluminação. Maiores intensidades de carga interna dão-se em edifícios de serviços, se compararmos com os de habitação, no entanto no universo dos edifícios de serviços há grande variantes. É sempre recomendável conhecer, com o maior grau de detalhe possível, as condições de uso e funcionamento do edifício para determinar as estratégias bioclimáticas aplicáveis.

3. Características do contexto envolvente – O contexto urbano imediato ao edifício é determinante na viabilização de estratégias bioclimáticas, como pode ser o acesso a radiação solar, a capacidade de ventilar naturalmente se se situar em zonas de ruído ou de alta contaminação atmosférica, entre outras.

4. Harvest map – *Harvest map* é um termo que visa reconhecer num determinado território que recursos estão disponíveis e podem ser partilhados. Este conceito pode ser aplicado a recursos como a água, materiais, energia ou até mesmo a espaços. Por exemplo, se em determinada zona existe já um edifício que incorpora um auditório e o programa do nosso edifício exige um auditório de características semelhantes, seria lógico verificar a viabilidade de partilhar este espaço e eventualmente prescindir da construção do segundo auditório, reduzindo assim impacte ambiental e custos de obra e manutenção.

5. Desenho arquitetónico – Seguindo a ordem estabelecida e depois de considerados os fatores anteriores é o desenho ou projeto arquitetónico a grande ferramenta dos arquitetos para a criação de edifícios de baixas necessidades térmicas e confortáveis, portanto edifícios bioclimáticos.

O processo de desenho deve ter em conta os seguintes aspetos:

5.1. Distribuição e hierarquia – Uma análise profunda do programa de um edifício permitirá identificar que espaços terão mais necessidades de aquecimento e os que terão maiores necessidades de arrefecimento, neste sentido poderá o arquiteto localizar os espaços,

no volume arquitetónico de acordo com zonas mais quentes ou mais frescas. Igualmente, hierarquizar o conforto térmico é importante, pois nem todos os espaços de um edifício necessitam do mesmo grau de qualidade térmica, pelo que os de maior exigência devem ser posicionados nas zonas do volume que melhores condições oferecem. Deve ser igualmente equacionado que tipo de espaços podem funcionar em zonas desprovidas de sistemas térmicos, e que funcionem de forma bioclimática mantendo as suas condições térmicas por meios passivos, assumindo que não existirá conforto assegurado 100% do tempo. Nestes, podem considerar-se átrios com espaços de circulação, zonas informais de encontro ou reunião, zonas verdes interiores, etc.

5.2. Orientação e Exposição solar – A bioclimática é indissociável da fonte de energia gratuita do sol, inclusive em climas tórridos é a relação com o sol que determina as estratégias bioclimáticas. Neste sentido é importante conhecer a geometria solar no ponto do globo em que trabalhamos, a trajetória solar difere segundo a latitude, pois esta reflete o ângulo em que os raios solares atingem a superfície da terra. Com exceção das zonas equatoriais existe uma grande variação do ângulo solar durante o ano, sendo de maior verticalidade no Verão e mais horizontal no Inverno. Igualmente as horas do dia determinam o ângulo solar, sendo mais vertical nas horas centrais do dia e horizontais no nascer e pôr do sol. Este conhecimento permitirá orientar o edifício segundo as suas necessidades, sabendo que a incidência solar em diferentes orientações terá características totalmente diferentes. (vd. Figura 3)

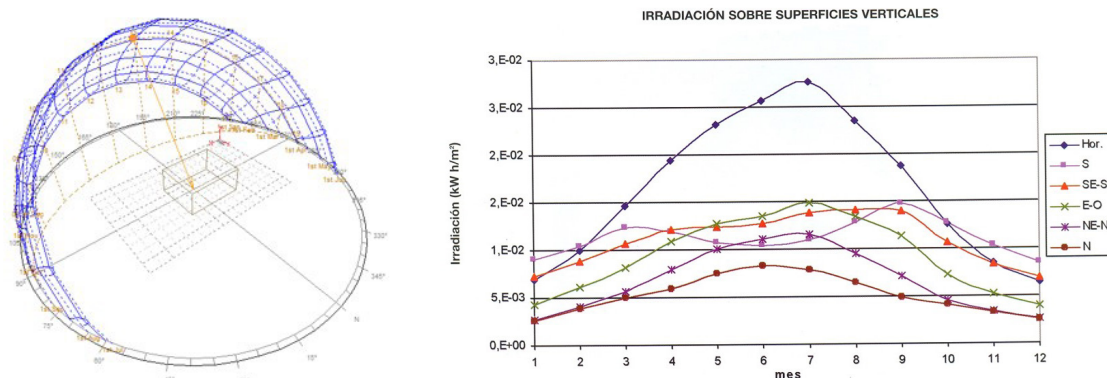


Figura 3 Axonometria de volume com trajetória solar para latitude 41°N e gráfico da radiação incidente sobre superfícies verticais e horizontais durante um ano.

5.3. Proteção solar – O conhecimento da geometria solar é também essencial para a definição correta das proteções solares, segundo a orientação. As proteções solares, para além de protegerem dos raios solares no período quente, devem permitir a entrada de radiação no período frio. Devem ser desenhadas de forma a permitirem manter níveis razoáveis de luz natural e de ventilação natural, não formando obstáculos. As proteções solares são muito mais eficientes quando colocadas pelo exterior do vidro. Podem materializar-se de diferentes formas, fazendo parte do próprio edifício (como as palas), podem ser elementos incorporados como lamelas, toldos e persianas, ou elementos verdes como árvores ou pérgolas vegetais. (vd. Figura 4)



Figura 4
Exemplo de proteção solar ineficaz, pelo interior, obstaculizando a ventilação e a abertura das janelas

5.4. Inércia térmica – trata-se da capacidade do edifício em amortecer e retardar o efeito das flutuações da temperatura exterior no interior do edifício como resultado da capacidade do edifício de conduzir e armazenar calor. A quantidade de calor armazenado depende da massa térmica dos materiais, enquanto a velocidade de transmissão de calor para o meio ambiente depende de sua condutividade térmica. A inércia térmica pode ser um aliado do edifício se este necessitar estabilidade térmica e absorção de carga térmica ou prejudicá-lo de forma determinante se exposto a um excesso de radiação ou pelo contrário não obtiver o calor necessário.

5.5. Proporção cheio-vazio – As superfícies envidraçadas são zonas altamente sensíveis, para o desempenho energético de um edifício. Se por um lado são os planos por onde o edifício se “alimenta” da radiação solar, e permitem tanto a vista para o exterior como a ventilação natural, por outro lado representam zonas de perda térmica seja pela baixa resistência térmica dos vidros e caixilharias, seja por entrada involuntária de ar pelas ranhuras dos caixilhos ou caixas de persiana. Se estas superfícies forem excessivas, além das perdas térmicas, também o excesso de radiação e de luz direta pode constituir um incómodo para os utilizadores. Considerando o exposto anteriormente, um edifício deve buscar o equilíbrio de cheio-vazio, dimensionando adequadamente os envidraçados de modo a obter todos os benefícios para a salubridade, habitabilidade e bem-estar dos ocupantes, reduzindo as perdas térmicas ao mínimo.

5.6. Fator de forma – O fator de forma é a relação entre o volume interior de ar e a superfície de envolvente térmica do edifício em contacto com o ar exterior. Sendo que, dependendo do clima, poderá ser mais benéfico reduzir a quantidade de superfície em contacto com o ar exterior e reduzir a dissipação, enquanto em climas quentes e húmidos estimular a dissipação pelos diferentes elementos é uma das estratégias mais indicadas a aplicar.

5.7. Resistência térmica da envolvente – As perdas térmicas por transmissão devidas aos elementos que conformam a envolvente térmica do edifício representam cerca de 50 a 60% do total. Por outro lado, a temperatura superficial interior dos elementos construtivos afeta de forma significativa o conforto dos ocupantes. Neste sentido é importante garantir que os elementos construtivos opacos como fachadas, coberturas, pavimentos, etc. tenham uma resistência térmica adequada ao clima em que se insere o edifício. Uma alta resistência térmica pode ser assegurada a partir de materiais isolantes, sendo os mais aplicados a base de plástico como o XPS ou o EPS ou de base mineral como a lã de rocha. Existem, no entanto, no mercado opções de baixo impacto ambiental como a cortiça, a fibra de madeira ou a celulose, por exemplo.

Por outro lado, as superfícies envidraçadas são geralmente responsáveis por grandes perdas térmicas, tanto pelo vidro, como pelos caixilhos. Os vidros duplos com câmara de ar, são já de aplicação corrente, contudo, existem no mercado opções de baixa emissividade que conferem uma resistência térmica mais elevada. Para climas muito frios poderá ser interessante a aplicação de vidros triplos. A par da resistência térmica do vidro é muito importante ter em consideração o fator solar, já que baixos fatores solares vão impedir a entrada da radiação solar. As caixilharias podem ser de diversos materiais. No caso de caixilharias metálicas, cujo material é altamente condutivo, é aconselhável optar por caixilharias com rutura de ponte térmica. No caso da madeira o próprio material já apresenta características isolantes, pelo que será uma excelente opção.

Se os encontros dos diferentes elementos construtivos não forem devidamente trabalhados a nível de detalhe, as chamadas Pontes Térmicas, podem representar grandes perdas térmicas assim como criar as condições ideais para o aparecimento de condensações, habitat de fungos prejudiciais à saúde humana. É, portanto, necessário verificar sempre a continuidade do isolamento térmico, nos encontros de fachada com pavimentos, coberturas, nas aduelas das janelas, nas caixas de estore, etc.

5.8. Ventilação e movimento do ar – a ventilação num edifício tem dois papéis fundamentais, por um lado assegurar a salubridade do ar interior e por outro dissipar o calor acumulado no interior do edifício.

Atualmente, a maior parte do nosso tempo é passado no interior dos edifícios, sendo que o ar interior se encontra habitualmente em piores condições de salubridade que o ar exterior, já que se contamina de diferentes formas: por compostos orgânicos voláteis (cov's) emitidos pelo mobiliário ou outros objetos; ou pela respiração dos ocupantes que consomem o oxigénio e libertam dióxido de carbono. É, portanto, de extrema importância ventilar os edifícios permitindo a entrada de ar limpo exterior. Esta ventilação deve ser sempre assegurada pelas janelas, mesmo que o edifício disponha de ventilação mecânica, já que dará ao edifício autonomia para funcionar corretamente, mesmo em circunstâncias de escassez energética ou económica. A gestão da ventilação é importante já que no Inverno pode representar grandes perdas térmicas, pelo que os caudais devem ser os mínimos indispensáveis.

A capacidade de arrefecimento por meio da ventilação é uma das estratégias fundamentais da bioclimática. A própria arquitetura vernacular explorou inúmeras formas de trabalhar a arquitetura para a estimulação do movimento do ar e da evaporação como forma de man-

ter a temperatura fresca no interior dos edifícios. Dependendo do desenho das aberturas, o movimento do ar pode ser de incidência direta sobre o corpo humano, conseguindo assim a sua maior eficácia ou, dependendo das circunstâncias, pode ser mais indicado um processo indireto, fazendo a massa de ar entrar e dissipar o ar quente calor acumulado, sem perturbar os ocupantes.

Estimular o movimento do ar a partir de janelas opostas, ou através de ventiladores, pode, em muitos casos, ser suficiente para alcançar o bem-estar e o conforto térmico, sem a necessidade de utilizar sistemas ativos mais dispendiosos como os aparelhos de ar condicionado.

6. Manutenção – Tal como os equipamentos que colocamos nos edifícios que necessitam manutenção e reparação periódica, também os próprios elementos que compõem o edifício precisam de um mínimo de manutenção e reparação para o seu correto funcionamento. Verificar a limpeza das janelas, verificar as borrachas de estanquidade dos caixilhos, verificar o estado das proteções solares, controlar as infiltrações de água, etc. são algumas das ações a ter em consideração durante o uso do edifício. Os edifícios beneficiariam em grande medida se no final de obra houvesse um pequeno manual de boas práticas de manutenção para os futuros responsáveis do edifício.

7. Gestão do edifício – A correta gestão dos edifícios é fundamental para o seu bom funcionamento. Dependendo do tipo de edifício, a gestão poderá ser feita manualmente pelo usuário ou, pelo contrário, estar programada e automatizada. Por princípio, o utilizador deve estar sensibilizado para a poupança energética para assim poder gerir corretamente aspetos como a luz artificial, a ativação de proteções solares, a abertura de janelas ou portas, etc. Existem iniciativas muito interessantes, como por exemplo o euronet 50/50 (<http://www.euronet50-50max.eu/es/>), que promovem a gestão dos edifícios escolares para a eficiência energética, envolvendo no seu programa os alunos e a restante comunidade escolar em iniciativas didáticas com retorno económico em benefício da própria escola.

No caso de automatização e domótica, é aconselhável prever um período de pelo menos um ano, para o ajuste correto dos elementos de motorização assim como de formação dos responsáveis pelo edifício para futuros novos ajustes.

Links com informação de exemplos de edifícios onde foram aplicados princípios de bioclimática:

Edifício ICTA ICP, UAB, Catalunha, Espanha:

<https://www.archdaily.com/636587/research-center-icta-icp-uab-h-arquitectes-dataae>
<https://www.rtve.es/play/videos/escala-humana/escala-humana-casi-cero/5515177/>

Edifício La Borda, Barcelona, Espanha

<https://www.archdaily.cl/cl/922182/edificio-la-borda-lacol>
https://www.youtube.com/watch?v=YQYTrgeT7jY&t=49s&ab_channel=Lacolarquitecturacooperativa

Edifício 2226 Emmenweid

<https://www.baumschlagel-eberle.com/en/work/projects/projekte-details/2226-emmenweid/>
https://www.youtube.com/watch?v=rbttZ4f_FEG&ab_channel=wienberger

Edifício de habitação protegida

<https://arquitecturaviva.com/obras/14-viviendas-en-formentera>
https://www.youtube.com/watch?v=3zfscEWq97M&ab_channel=MuseoICO

1.2.2 Arquitetura bioclimática nos Açores

NADIR BONACCORSO

CIAUD, CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM ARQUITETURA, URBANISMO E DESIGN, FACULDADE DE ARQUITETURA, UNIVERSIDADE DE LISBOA

1. Introdução

O Planeta Terra está a enfrentar um declínio no que respeita à manutenção da qualidade de vida dos seus atuais habitantes. Esta “avaria”, de origem antropogénica, obriga-nos, hoje, a pensar num novo paradigma da arquitetura, paradigma necessário para nos adaptarmos às alterações climáticas e reduzirmos as emissões de gases de estufa (GEE) na atmosfera. Embora o caminho da arquitetura, rumo ao conceito nZEB (*Nearly Zero Energy Building*) e à certificação energética de elevada eficiência, implique o uso de sistemas ativos de regulação do nível de conforto, de produção de energia e águas quentes sanitárias, é necessário aprender a ciência que está também por trás da arquitetura vernacular, quando adaptada ao clima: a bioclimática. As estratégias bioclimáticas aplicadas aos edifícios permitem, de forma eficiente e passiva, ajustar as temperaturas internas da construção às necessidades fisiológicas do Homem, recorrendo à correta interpretação dos dados climáticos e a aplicação das estratégias mais indicadas.

“O procedimento desejável seria trabalhar com as forças da natureza, fazendo uso das suas potencialidades para criar melhores condições de vida, não o contrário.”
(Olgay, 2015)

Este conhecimento técnico aplicado à arquitetura, ainda pouco difuso nas universidades, é uma das ferramentas que permitem melhorar o conforto numa habitação, de forma passiva, permitindo-nos adaptar, de forma mais consciente, às necessárias [r]evoluções que a disciplina poderá vir a ter, atendendo, por um lado, ao agravamento das alterações climáticas, e por outro, à recente introdução legislativa (Portaria n.º 255/2023, de 7 de agosto) que anuncia a obrigatoriedade no uso de sistemas digitais de simulação do projeto e de determinação dos “impactes” da sua construção na biosfera.

A integração das estratégias bioclimáticas deve ser tomada em consideração na primeira fase de conceção do projeto de arquitetura, de forma a minimizar o uso dos sistemas ativos em edifícios residenciais, e garantir respostas ecológicas. A partilha destes conhecimentos, necessária para preencher as lacunas deixadas por um ensino hedonista da arquitetura, ainda em vigor, são essenciais para o futuro da disciplina e para a nossa sobrevivência no planeta Terra. Contudo, as melhorias nas soluções técnicas e passivas aplicadas à construção, não parecem ser suficientes para a mitigação das emissões de GEE e para a adaptação necessária para habitar um planeta que aquece.

As mudanças necessárias para a manutenção das condições de vida no planeta requerem uma abordagem holística, uma mudança de paradigma em todo o sistema económico, político e social em vigor, mas este é já um assunto de âmbito cívico, que teremos de tratar como cidadãos que viajam pelo espaço, juntos com a fauna e a flora que equilibram a biosfera, na *Spaceship Earth* (Fuller, 1969).

2. A formação

Neste âmbito, abordar o “Projeto bioclimático nos Açores: da teoria à prática, para arquitetos” permitiu:

- entender o impacto do setor da construção na emissão de gases de efeito estufa (GEE) e os seus efeitos na Biosfera;
- usar a bioclimática na arquitetura como “estratégia” passiva para a melhoria da eficiência energética dos edifícios residenciais e para a consequente redução das emissões de GEE na atmosfera;
- conhecer o processo metodológico de um projeto bioclimático, a partir do método de Olgay, coadjuvado com a Carta de Givoni.
- aprender um processo prático de análise climática e verificação das estratégias bioclimáticas, a aplicar no conjunto insular dos Açores, utilizando ferramentas digitais *opensource*.

3. A metodologia bioclimática

Para explicar os procedimentos a adotar na conceção ou na análise de um edifício, sob o prisma da bioclimática, foi adotada a estrutura metodológica do Olgay (*Figura 5*), publicada no livro “*Design with climate*” (Olgay, 2015).

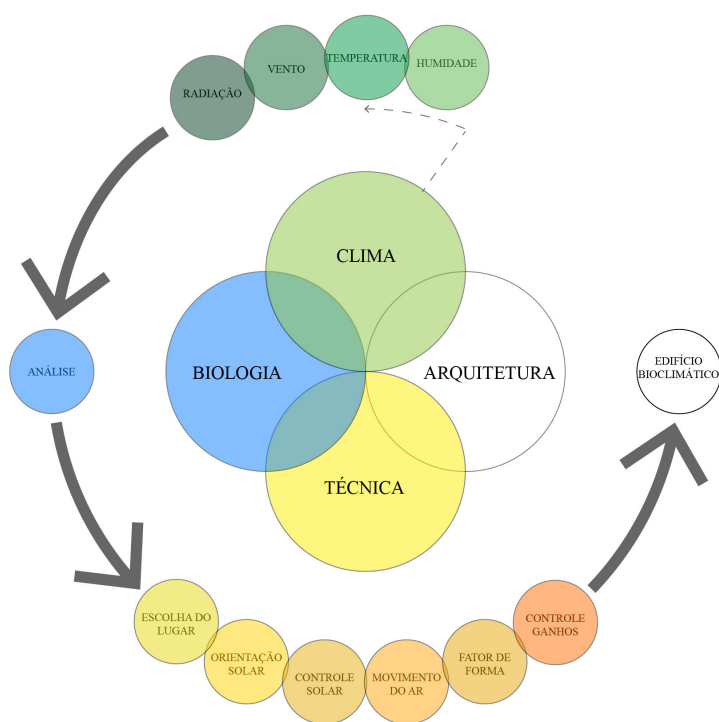


Figura 5
Esquema metodológico de análise bioclimática, elaborado a partir de Olgay (2015). Fonte: autor

Esta metodologia estrutura-se em quatro pontos:

3.1. O entendimento das condicionantes climáticas é um passo importante para a perceção completa da dimensão do território em que se projeta e constrói. Embora os mapas climáticos possam indicar as características principais de um clima numa determinada região, o sistema mais fiável é a análise dos dados climáticos recolhidos pelas estações meteorológicas presentes no território e mais próximas do local pretendido. Os dados recolhidos (temperatura bolbo seco, humidade relativa e absoluta, velocidade e direção do vento, pluviosidade, radiação solar, etc...) precisam de ser decodificados e interpretados, sendo hoje esta tarefa facilitada graças à utilização de softwares online e *opensource* com acesso direto e visualização gráfica dos dados climáticos, que também podem ser encontrados, em formato de metadados, no repositório online em <https://climate.onebuilding.org>. Para a análise climática foi utilizado o software online da Universidade de Berkeley, “CBE Clima Tool” (Betti et al., 2023), que fornece gráficos e diagramas, permitindo uma fácil leitura dos dados e um melhor entendimento das condicionantes climáticas.

3.2. O entendimento dos princípios da biologia e o enquadramento do espaço térmico numa visão antropocêntrica é o segundo passo. O corpo humano tem uma temperatura interna constante de cerca de 37 °C, enquanto a temperatura epidérmica admite uma variação entre os 31 °C e os 34 °C, dependendo das condições térmicas existentes (Brophy & Lewis, 2011) e produz energia gerada pelo seu metabolismo. O metabolismo distingue-se em: não consciente, contínuo; consciente, muscular e controlável (Auliciems & Szokolay, 2007). O conforto térmico define-se como a sensação de bem-estar relativa à temperatura e depende do equilíbrio entre o calor produzido pelo corpo humano e a sua dissipação no ambiente envolvente. A American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) estabelece, hoje, através do modelo adaptativo de conforto, elaborado no documento Standard 55 (ANSI/ASHRAE, 2017), que o corpo humano está em conforto em temperaturas operativas entre os 17 °C e os 31 °C, dependendo dos fatores ambientais a que está exposto e ao impacte da ventilação natural. São, nesta sequência, apresentadas as ferramentas digitais, que permitem a elaboração da carta de Givoni. A carta bioclimática estudada, desenvolvida por Baruch Givoni (Givoni, 1992), utiliza o diagrama psicrométrico e baseia-se na temperatura interna desejável de um espaço sem climatização artificial ou ativa, considerando o edifício inerte termicamente, protegido da radiação solar e com uma ventilação adequada. O resultado fornece os grupos de técnicas bioclimáticas necessárias para mitigação das variáveis climáticas que geram desconforto em cada situação específica.

3.3. As técnicas bioclimáticas a implementar nos edifícios podem dividir-se em 6 grupos (Olgay, 2015): a escolha do lugar; a orientação solar; o controle solar; o fator de forma; o movimento do ar; o controle da temperatura interna.

- A escolha do lugar para construir é hoje, uma tarefa que raramente pertence à responsabilidade do projetista, sendo, comumente, da responsabilidade dos promotores e das entidades que administram o território. Contudo, a sua escolha é de primeira importância. De facto, uma errada escolha do terreno para construção pode comprometer a aplicação das estratégias bioclimáticas nos edifícios a edificar, reduzindo, de forma definitiva, a potencial eficiência energética do edifício, podendo ainda baixar os níveis de salubridade e de

conforto térmico que necessitamos.

- A correta orientação solar dos espaços habitáveis de uma residência é um fator crucial. Nos Açores, apesar do frequente céu encoberto, a orientação a sul, permite, através de aberturas criteriosamente dimensionadas, captar a radiação solar para o interior, obtendo ganhos térmicos e iluminação natural, de forma passiva, reduzindo o uso de sistemas ativos para o aquecimento.
- O controlo solar, obtido através de estratégias de sombreamento, estudadas a partir da carta solar do território em análise e que descreve os ângulos de incidência da radiação solar, garante a redução do impacto desta nos períodos do ano mais quente, evitando o sobreaquecimento interior. É através da correta execução desta estratégia que garantimos proteção e controlo térmico no interior do edifício.
- O fator forma do edifício permite-nos entender, quais as proporções ótimas do edifício para cada zona climática. De facto, o comportamento térmico de um edifício está relacionado com a área do edificado exposta aos fatores climáticos, sendo que o seu correto dimensionamento poderá reduzir a quantidade de energia necessária para a sua climatização dentro dos parâmetros de conforto.
- O movimento do ar é um fator extremamente importante, em especial no clima húmido e ventoso do conjunto insular dos Açores. Entender quais os mecanismos que permitem aproveitar este movimento, para uma boa ventilação natural do edifício, tal como para a proteção dele em espaços exteriores, complementa a análise bioclimática. (Figura 6).

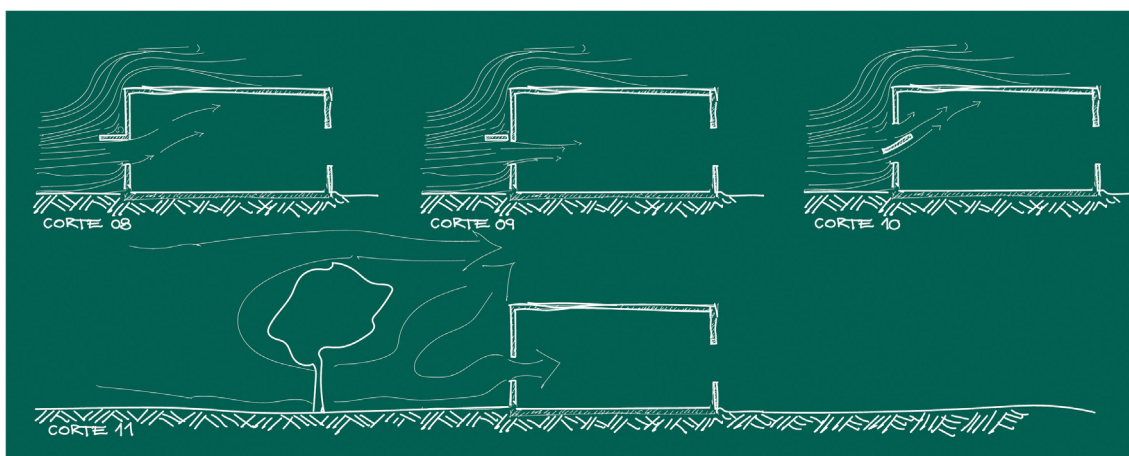


Figura 6
Exemplos de direcionamento do vento. Fonte: autor.

- Finalmente, o controle da temperatura interna, implementada através do uso correto dos materiais de construção, tendo em conta as suas características físicas (inércia, isolamento, condutividade, etc.), completa a lista dos mecanismos passivos a implementar, rumo a uma construção efetivamente bioclimática.

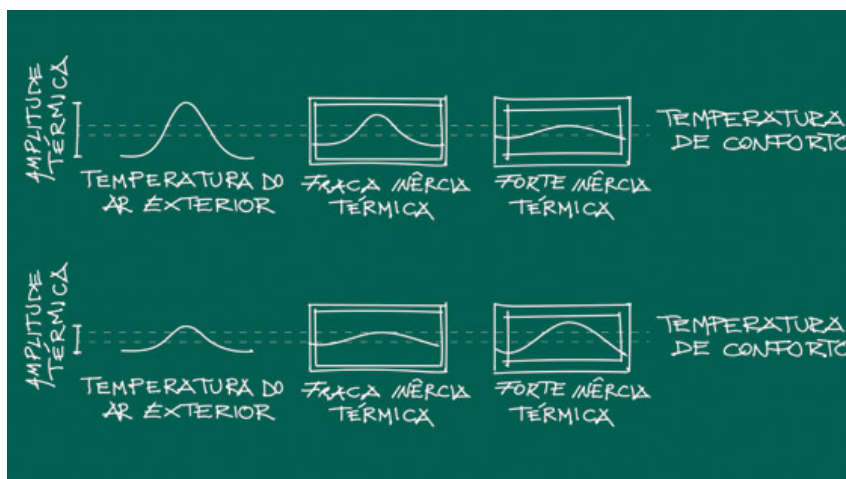


Figura 7
Impacte da inércia térmica no edifício consoante o clima. Fonte: autor.

3.4. A Arquitetura que use esta metodologia, complementada com sistemas de recolha da água pluvial, a utilização de materiais de construção, locais, poderá garantir um espaço térmico de qualidade, de forma natural [passiva] e contribuir para a necessária adaptação às alterações climáticas.

4. A aplicação da metodologia de análise a um projeto

Na arquitetura convencional, o programa funcional e as características do lugar são os elementos catalisadores do projeto, apresentando soluções tipológicas desvinculadas das condições climáticas. A arquitetura bioclimática acrescenta a estes elementos o entendimento da vertente climática e as suas consequências no ambiente construído, reforçando o conceito do Genius Loci, e permitindo encontrar soluções tipológicas adaptadas ao lugar e ao clima.

A formação da arquitetura bioclimática nos Açores, terminou apresentando um modus operandi de análise bioclimática, a partir de um caso de estudo, na ilha de São Miguel (Figura 8).

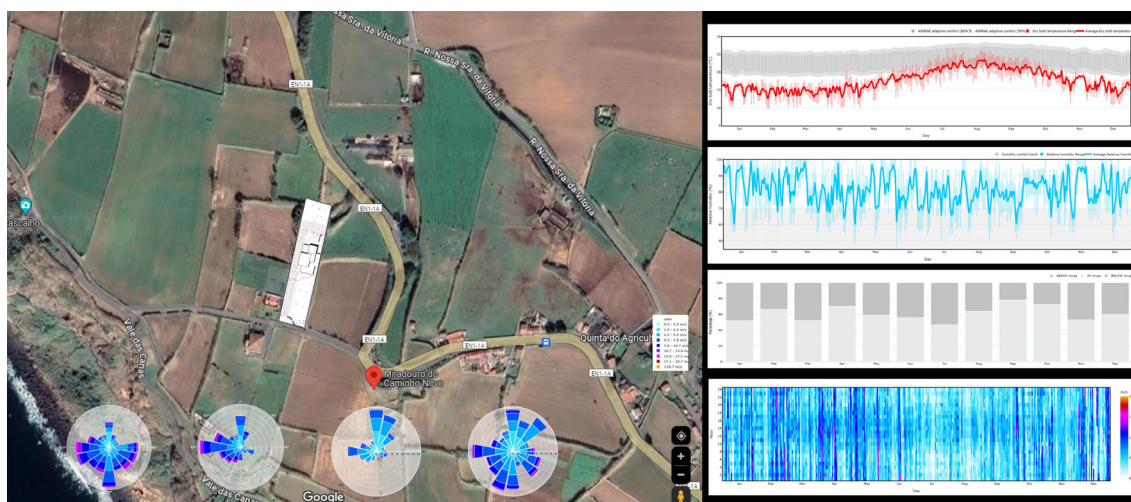


Figura 8
Exemplo de ficha de análise climática. Fonte: autor.

O projeto da moradia em análise, em fase de estudo prévio, foi confrontado com os resultados obtidos através da aplicação da metodologia anteriormente proposta (análise climática e estudo da Carta de Givoni), demonstrando a inadequada organização do projeto face à orientação solar e às variáveis climáticas, analisando, entre outros, o efeito do vento na vivência exterior da residência (Figura 9).

Uma melhor adaptação ao clima teria sido obtida aplicando o fator de forma mais indicado para este clima, ou seja com maior área do edificado exposta aos fatores climáticos, utilizando uma tipologia de casa pátio que permitiria abrir a casa ao sol, facilitando o controle da ventilação natural no interior dos espaços habitados, e criando ao mesmo tempo uma área exterior, ligada à casa e protegida do vento.

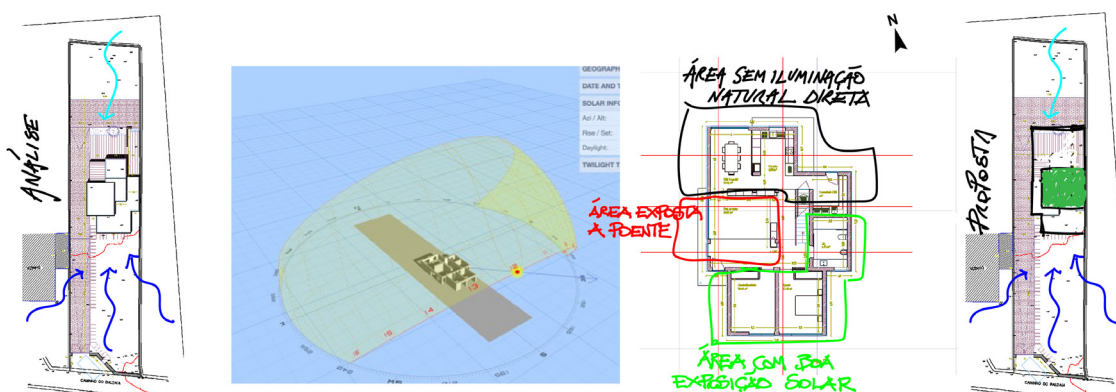


Figura 9

Análise bioclimática e proposta de integração climática. Fonte: autor.

Links para softwares:

CBE Clima Tool em: <https://clima.cbe.berkeley.edu>

Carta de Givoni em: <https://andrewmarsh.com/software/psychro-chart-web/>

1.2.3 Eficiência energética em edifícios

JOSÉ NUNES

ESPECIALISTA EM ENERGIA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS. PERITO QUALIFICADO EM CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

O tema da eficiência energética e dos edifícios sustentáveis é cada vez mais importante na sociedade atual, devido à crescente preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A construção de edifícios é responsável por uma grande parte do consumo de energia e emissões de CO₂ e, portanto, é fundamental que sejam adotadas medidas para melhorar a eficiência energética dos edifícios e torná-los mais sustentáveis.

A eficiência energética dos edifícios pode ser melhorada de várias maneiras, incluindo a utilização de materiais de construção mais eficientes, a melhoria da envolvente do edifício, a utilização de sistemas de ventilação e climatização mais eficientes, a utilização de iluminação LED e a produção de energia renovável. Além disso, é importante que os edifícios sejam projetados de forma integrada, considerando todas as disciplinas envolvidas no projeto, incluindo arquitetura, restantes especialidades de engenharia e outras.

A legislação comunitária e nacional tem um papel fundamental na promoção da eficiência energética dos edifícios, estabelecendo requisitos mínimos de desempenho energético e incentivando a utilização de fontes renováveis de energia. A Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) (PEC, 2019) é a legislação comunitária que estabelece requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios, tendo sido transposta para o ordenamento jurídico nacional através do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 (PCM, 2020) que estabelece os requisitos para edifícios com necessidades quase nulas de energia (nZEB).

A utilização de fontes renováveis de energia é uma das principais formas de melhorar a eficiência energética dos edifícios. A energia solar, eólica e geotérmica são exemplos de fontes de energia renovável que podem ser utilizadas para cobrir as necessidades energéticas dos edifícios. Além disso, a produção de energia renovável pode ser incentivada através de políticas públicas, como incentivos fiscais e tarifas de energia renovável.

Neste âmbito, abordar a “Térmica de Edifícios, Eficiência Energética e NZEB”, permite discutir a implementação do conceito de Nearly Zero Energy Building (nZEB) nos Açores, com ênfase na legislação comunitária, nacional e regional. Foram ainda abordados os critérios de desempenho energético, incluindo a verificação de requisitos referentes à envolvente opaca e envidraçada, e um caso prático, proporcionando uma visão abrangente e prática do tema, enriquecendo o entendimento dos participantes.

Segundo a EPBD e a alínea d) do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 um edifício com necessidades quase nulas de energia é:

- Um edifício com um desempenho energético muito elevado, em que as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas são cobertas, em grande medida, por energia proveniente de fontes renováveis preferencialmente locais ou com origem nas proximidades do edifício, quando aquela não seja suficiente.

O cumprimento dos requisitos de desempenho energético relativos à envolvente dos edifícios, que visam, em particular, minimizar a ocorrência de patologias e limitar as necessidades de energia com vista à obtenção de condições interiores de conforto, para os componentes da envolvente opaca e envolvente envidraçada é assegurado pelo técnico autor do projeto de arquitetura.

Tabela 1 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação — Portugal Continental, $U_{máx}$ [W/(m²·°C)]

Portugal Continental			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira	I1	I2	I3	
Zona corrente da envolvente.	Verticais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	0,50	0,40	0,35
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	0,40	0,35	0,30
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

Figura 10
Tabela 1 da Portaria n.º 138-I/2021

Muito resumidamente, o coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação e de comércio e serviços, novos ou renovados, não pode ser superior aos valores indicados nas Tabelas 1 a 4 da Portaria n.º 138-I/2021, (MAACIH, 2021). Apresentam-se na Figura 10 os valores máximos do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca que devem ser respeitados em edifícios de habitação localizados em Portugal Continental.

Até ao final de 2023 na Região Autónoma dos Açores não foram ainda publicados os diplomas regionais que permitem a implementação do Decreto-Lei n.º 101-D/2020. Apresentam-se na Figura 11, a título de exemplo, os valores máximos do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca que deverão ser respeitados em edifícios de habitação localizados na Região Autónoma dos Açores.

Tabela 3 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação — Região Autónoma dos Açores, $U_{máx}$ [W/(m².°C)]

Região Autónoma dos Açores			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente e PTP.	Verticais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	2,00	2,00	1,90
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,25	1,00	0,90
		Interior com $b_{z_{tu}} \leq 0,7$	1,65	1,30	1,20

Figura 11
Tabela 3 da Portaria n.º 138-I/2021

À semelhança dos edifícios de habitação, também os edifícios de comércio e serviços estão sujeitos ao cumprimento de valores máximos relativos ao coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca, que se podem verificar na Figura 12.

Tabela 4 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de comércio e serviços, $U_{máx}$ [W/(m².°C)]

Portugal Continental e Regiões Autónomas			Zona Climática		
Tipo de elemento	Condição fronteira		I1	I2	I3
Zona corrente da envolvente	Verticais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	0,70	0,60	0,50
	Horizontais	Exterior ou interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	0,50	0,45	0,40
Zona de PTP	Verticais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,75	1,60	1,45
	Horizontais	Exterior	0,90		
		Interior com $b_{z_{tu}} > 0,7$	1,25	1,00	0,90

Figura 12
Tabela 4 da Portaria n.º 138-I/2021

Também os elementos da envolvente envidraçada deverão verificar requisitos:

1. O coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente envidraçada dos edifícios de habitação e de comércio e serviços, novos ou renovados, não pode ser superior aos valores indicados na Tabelas 6 da Portaria n.º 138-I/2021 (Figura 13).

Tabela 6 — Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente envidraçada, $U_{w,máx}$ [W/(m².°C)]

	Zona Climática		
	I1	I2	I3
Portugal Continental:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma da Madeira:			
Edifícios de habitação	2,80	2,40	2,20
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30
Região Autónoma dos Açores:			
Edifícios de habitação	2,90	2,60	2,40
Edifícios de comércio e serviços	3,30	3,30	3,30

Figura 13

Tabela 6 da Portaria n.º 138-I/2021

2. Os vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares em espaços interiores úteis devem verificar a condição prevista na Eq.1. Os vãos orientados no quadrante norte, inclusive, encontram-se isentos do cumprimento dos requisitos. Em edifícios de habitação, nos espaços interiores úteis em que $A_{env,espaço}$ seja superior a 15% da A_{pav} , os vãos envidraçados com condição fronteira exterior, ou interior com ganhos solares, devem verificar a seguinte condição prevista na Eq. 2.

$$(Eq. 1) \quad g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,máx}$$

em que:

g_{tot} — Fator solar dos vãos envidraçados com os dispositivos de proteção totalmente ativados;

F_o — Fator de sombreamento por elementos opacos horizontais sobrejacentes ao envidraçado, designadamente palas, varandas, outros corpos ou partes de um edifício;

F_f — Fator de sombreamento por elementos opacos verticais adjacentes ao envidraçado, designadamente palas, outros corpos ou partes de um edifício;

$g_{tot,máx}$ — Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, (Figura 14).

$$(Eq. 2) \quad g_{tot} \cdot F_o \cdot F_f \leq g_{tot,máx} \cdot \frac{0,15}{\left(\frac{A_{env,espaço}}{A_{pav}}\right)}$$

em que:

$A_{env,espaço}$ — Soma das áreas dos vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares que servem o espaço, com exceção dos vãos orientados no quadrante norte, inclusive [m²];

A_{pav} — Área útil de pavimento do espaço servido pelos vãos envidraçados [m²].

Tabela 8 — Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados com condição fronteira exterior ou interior com ganhos solares, $g_{tot,máx}$

Tipo de edifício	Inércia do espaço	Zona Climática		
		V1	V2	V3
Edifícios de habitação	Fraca	0,15	0,10	0,10
	Média ou forte	0,56	0,56	0,50
Edifícios de comércio e serviços	Fraca, média ou forte	0,56	0,56	0,50

Figura 14

Tabela 8 da Portaria n.º 138-I/2021

Para verificação dos requisitos mínimos aplicáveis à envolvente, opaca e envidraçada, dos edifícios torna-se necessário o entendimento de alguns conceitos e o cálculo de parâmetros térmicos cuja definição e metodologia de determinação podem ser consultados no Manual SCE (ADENE, 2020) e na Portaria n.º 138-I/2021 (MAACIH, 2021) nomeadamente:

- Zonamento climático – inverno (I), verão (V);
- Envolvente térmica;
- Coeficiente de redução de perdas – b_{ztu} ;
- Coeficiente de transmissão térmica – U ;
- Fator solar – g_{tot} ;
- Fator de obstrução – $F_o \times F_r$;
- Classe de inércia térmica para cada espaço;
- $A_{env,espaço}$ e A_{pav} .

A transição do processo tradicional para o processo integrativo na conceção de edifícios representa uma evolução significativa na abordagem da conceção e construção. No modelo tradicional, os projetos eram frequentemente desenvolvidos de forma isolada, com equipas especializadas em disciplinas específicas operando de maneira independente. Por outro lado, o processo integrativo visa a colaboração estreita e a integração de todos os projetos envolvidos, tais como arquitetura, estruturas, instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas, entre outros. Esta abordagem holística visa otimizar a eficiência, reduzir custos e minimizar conflitos durante a execução do projeto e posteriormente durante a construção. A transição para o processo integrativo reflete o reconhecimento da interdependência entre as diversas disciplinas envolvidas na construção de um edifício, promovendo uma sinergia que resulta em soluções mais eficientes, sustentáveis e alinhadas com as necessidades contemporâneas de projeto e funcionalidade.

A aplicação prática dos conhecimentos adquiridos é crucial para consolidar a compreensão teórica e promover uma aprendizagem efetiva. No contexto da verificação dos requisitos, a resolução de um caso prático desempenha um papel fundamental. Ao enfrentar desafios do mundo real, os profissionais e estudantes têm a oportunidade de aplicar conceitos abstratos a situações concretas, desenvolvendo habilidades práticas e a capacidade de resolver problemas de maneira eficiente. Neste contexto específico, a verificação dos requisitos para a envolvente opaca e envidraçada de um edifício na Região Autónoma dos Açores torna-se uma experiência valiosa. Isso não apenas solidifica o entendimento das normativas

e diretrizes, mas também permite aos participantes confrontarem-se com as complexidades da aplicação prática desses requisitos, preparando-os para enfrentar desafios similares na prática profissional. Através desta abordagem, a teoria transforma-se em conhecimento aplicável, contribuindo para profissionais mais competentes e bem preparados no campo da conceção de edifícios.

A publicação do Decreto-Lei n.º 101-D/2020 atribui aos arquitetos a responsabilidade, conforme estipulado no ponto 5 do artigo 6º do referido decreto-lei, de garantir o cumprimento dos requisitos regulamentares aplicáveis à envolvente opaca e envolvente envidraçada dos edifícios, conforme previsto na Portaria 138-I/2021, no contexto dos seus projetos de arquitetura.

Como caso prático, propôs-se a verificação dos requisitos aplicáveis aos elementos da envolvente opaca e envidraçada de um edifício de habitação localizado na Região Autónoma dos Açores, utilizando a ferramenta de cálculo PTnZEB SCE2.5 ([peritosqualificados.pt](https://www.peritosqualificados.pt), online). Esta ferramenta, de utilização livre, foi desenvolvida para auxiliar peritos do Sistema de Certificação Energética (SCE) e projetistas na determinação do desempenho energético dos edifícios, cálculo de cargas térmicas e incorpora a funcionalidade específica de verificação de requisitos. Durante a aplicação prática, os participantes foram orientados a inserir todos os elementos necessários na PTnZEB SCE2.5, assegurando a conformidade com os requisitos regulamentares para a envolvente opaca e envidraçada, com destaque para as frações de habitação. Esta experiência proporcionou aos participantes a oportunidade de adquirir habilidades práticas na eficaz aplicação da ferramenta, reforçando seu papel no processo de conceção de edifícios na região.

Os interessados podem obter a ferramenta PTnZEB SCE2.5 em <https://www.peritosqualificados.pt>, onde encontrarão recursos valiosos para a análise e cumprimento eficaz dos padrões regulamentares na conceção de edifícios, promovendo assim práticas sustentáveis e eficientes na Região Autónoma dos Açores.

1.2.4 Eficiência energética nos Açores

PAULO FRANCO

COMISSÃO TÉCNICA PARA O ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO, AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE, ENERGIA, TURISMO E HABITAÇÃO DA ORDEM DOS ARQUITETOS, SECÇÃO REGIONAL DOS AÇORES

PEDRO PERPÉTUO

PERPETUO SOLAR, LDA., PONTA DELGADA

A experiência em projeto e obra nos Açores aliada à experiência de 15 anos como peritos do SCE, permite uma visão crítica sobre a evolução regulamentar e sobre a forma como a construção deu resposta a essas exigências regulamentares. A falta de informação e as campanhas de desinformação com a banalização dos termos sustentável, ecológico, eficiente e outros dificultam a avaliação das soluções ou sistemas disponíveis no mercado, e a informação credível não está disponível para a maior parte dos intervenientes na construção.

O clima ameno dos Açores permite que as condições de conforto nos edifícios possam ser garantidas mais facilmente do que no resto do país. No entanto, essa oportunidade acaba por ser o principal entrave na utilização de soluções construtivas e de sistemas mais eficientes que permitam reduzir a dependência energética dos edifícios. É importante que todos os agentes no mercado da construção trabalhem no mesmo sentido e que as medidas e incentivos, quer aos particulares, quer às indústrias, sejam coerentes com a estratégia definida.

Neste âmbito, abordar a “Suficiência e eficiência energética nos edifícios nos Açores” é necessário e oportuno pois permite conhecer e compreender:

- os objetivos do Sistema de Certificação Energética e reconhecer os princípios da arquitetura bioclimática considerados no cálculo do desempenho energético dos edifícios;
- a variabilidade do clima nos Açores e entender que considerar apenas duas situações climáticas (verão / inverno) é uma simplificação no cálculo;
- soluções construtivas mais utilizadas nos Açores e de que forma podem ser otimizadas;
- as fontes de energia disponíveis na região, considerando a gestão da rede elétrica;
- os sistemas de produção de água quente sanitária (AQS), de ventilação e de qualidade de ar interior (QAI) disponíveis e a sua eficiência, e suas vantagens e desvantagens nos Açores;
- os sistemas de aproveitamento de energias renováveis mais adequados.

1. Arquitetura Bioclimática e regulamentos de desempenho energético

A regulamentação em vigor sobre o desempenho energético dos edifícios já contempla uma série de princípios da arquitetura bioclimática, pelo que o respeito por esses princípios já não é facultativo, é obrigatório. Aspetos como a redução das perdas pela envolvente, o aproveitamento e controle dos ganhos solares e a influência da inércia térmica no comportamento do edifício já se encontram integrados de forma satisfatória, quer através de requisitos mínimos, quer através da incorporação na metodologia de cálculo regulamentar.

No entanto, nem todos os princípios da arquitetura bioclimática estão contemplados, uma vez que estão fora do alcance desses regulamentos, como é o caso da gestão do solo, gestão da água, carbono incorporado nos materiais e ciclo de vida do edifício.

O primeiro RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico) de 1990 não chegou a ser aplicado nos Açores, onde as exigências de desempenho energético só começaram a ser aplicadas após 2006. (vd. Figura 15)

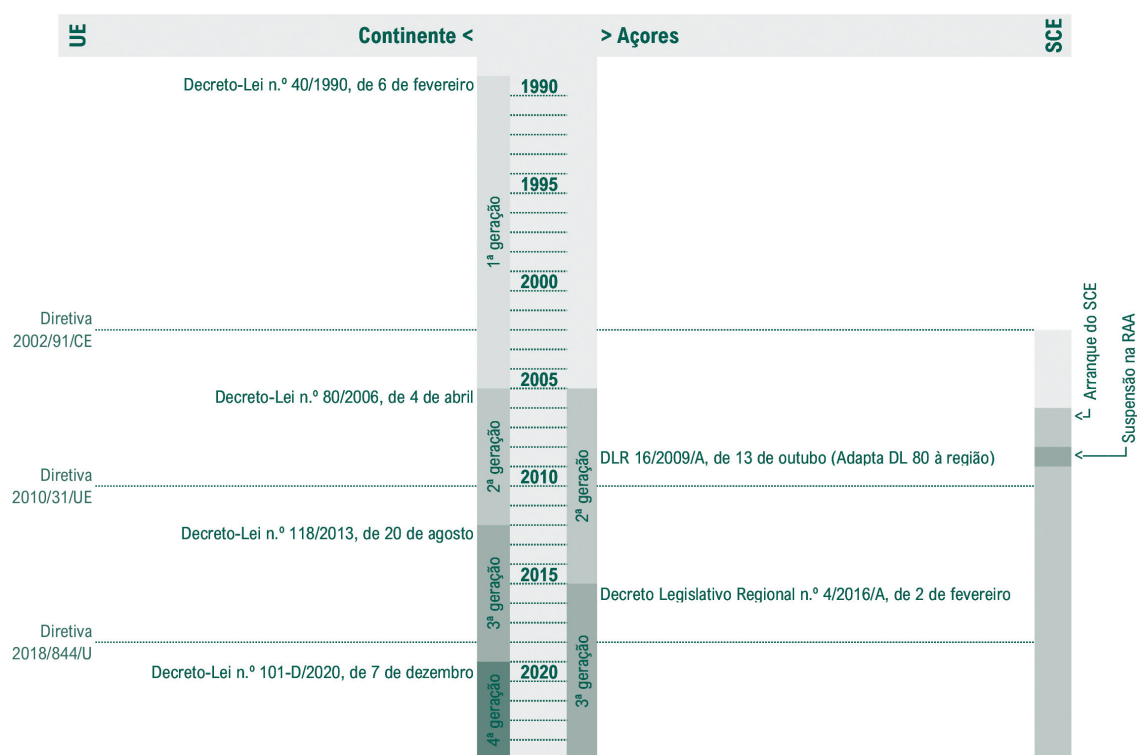


Figura 15
Quadro cronológico da evolução do enquadramento regulamentar no continente e nos Açores

O Sistema de Certificação Energética de Edifícios nos Açores divulga alguns indicadores desde 2016. (vd. Figura 16)

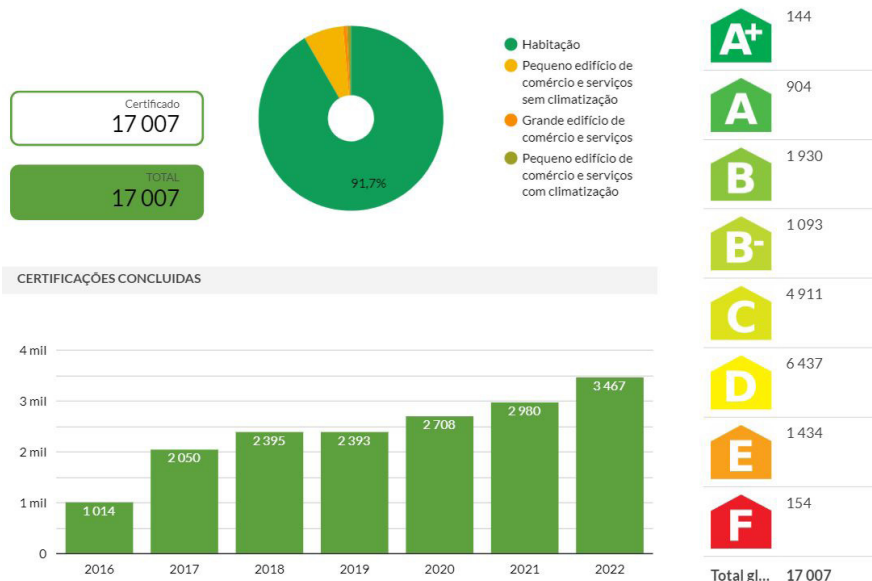


Figura 16

Indicadores do SCE Açores – Edifícios ou frações certificadas; seria desejável a divulgação de outros indicadores de caracterização do edificado que permitissem concluir sobre soluções construtivas mais utilizadas, sistemas adotados para AQS e climatização ou tipos de medidas de melhoria propostas. (fonte: <https://portaldaenergia.azores.gov.pt/portal/Servicos/SCE-Acores/Indicadores>)

A informação na folha de rosto do Certificado corresponde ao desempenho global do edifício, considerando também os sistemas instalados. A informação sobre o desempenho passivo do edifício de acordo com as soluções construtivas adotadas só aparece na 3ª página do certificado. (vd. Figura 17)

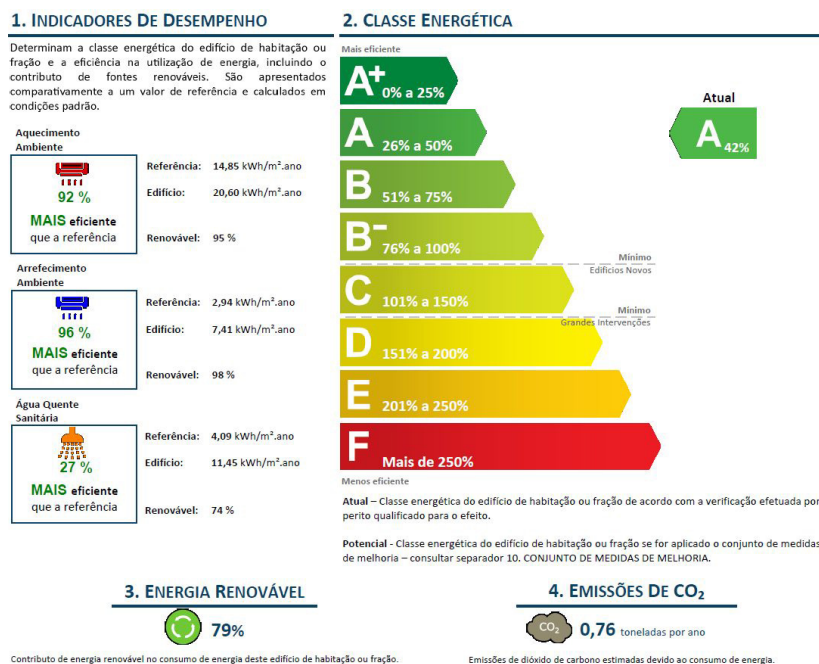
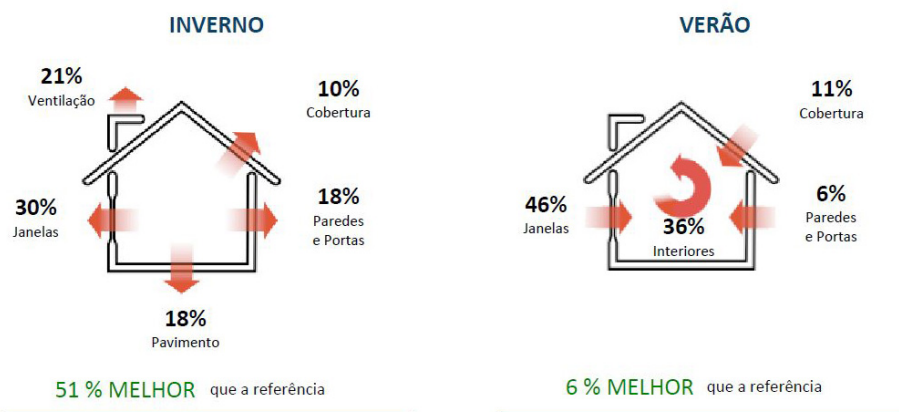


Figura 17

Informação constante na folha de rosto do Certificado Energético (à esquerda) e informação na 3ª página (imagem na página seguinte)



2. Redução das necessidades de energia dos edifícios nos Açores

A redução das necessidades energéticas dos edifícios deve começar muito antes da sua construção, pois a escolha do local para edificar é determinante para que o futuro edifício consiga um bom desempenho com pouca necessidade de recurso a sistemas técnicos de aquecimento e arrefecimento. A elaboração dos Instrumentos de Gestão Territorial deve ter em conta as condições climáticas locais na criação de novas áreas para urbanização e o desenho de novas urbanizações deve considerar orientações adequadas para os futuros edifícios. Não construir deve ser sempre uma opção, e um edifício com menos área será sempre mais fácil de aquecer ou arrefecer nos períodos em que o seu comportamento passivo não consiga garantir as condições de conforto adequadas.

O clima nos Açores, embora ameno, apresenta muita variabilidade, os valores médios históricos não podem ser considerados como os de um dia típico no verão ou no inverno. A análise do comportamento dos edifícios considerando uma situação de inverno e outra de verão é uma simplificação, mas é necessário que os nossos edifícios consigam dar resposta a esses ajustes relativamente ao padrão utilizado no cálculo. (vd. Figura 18)

A estratégia para o inverno deverá sempre incluir controle das perdas pela envolvente, sendo a cobertura o elemento mais importante. A solução frequentemente utilizada para as paredes é composta por bloco de betão de bagacinas de produção local associado a uma solução de isolamento térmico.

Os vãos envidraçados são normalmente o ponto mais fraco da envolvente dos nossos edifícios, pelo que a sua utilização deve ser criteriosa, considerando o equilíbrio com os ganhos que possam proporcionar. Os vãos horizontais merecem especial atenção e representam perdas adicionais face à direção do fluxo de calor. Considerando os limites regulamentares atuais para o coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados ($2,90 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$), a utilização de qualquer tipo de caixilharia com vidro simples fica posta de parte. De acordo com os valores tabelados no ITE50 também não conseguimos obter valores regulamentares com caixilharia de alumínio com rotura térmica. Teremos de considerar o contributo de dispositivos de oclusão noturna para respeitar o limite regulamentar (em edifícios de habitação). No entanto, as séries de caixilharias disponíveis no mercado podem ter desempenhos superiores aos tabelados. Esse valor corresponde ao conjunto vidro + caixilho e pode ser calculado através de ferramentas específicas disponibilizadas pelos fabricantes de caixilharia, considerando a série de caixilharia a adotar e o tipo de vidro escolhido.

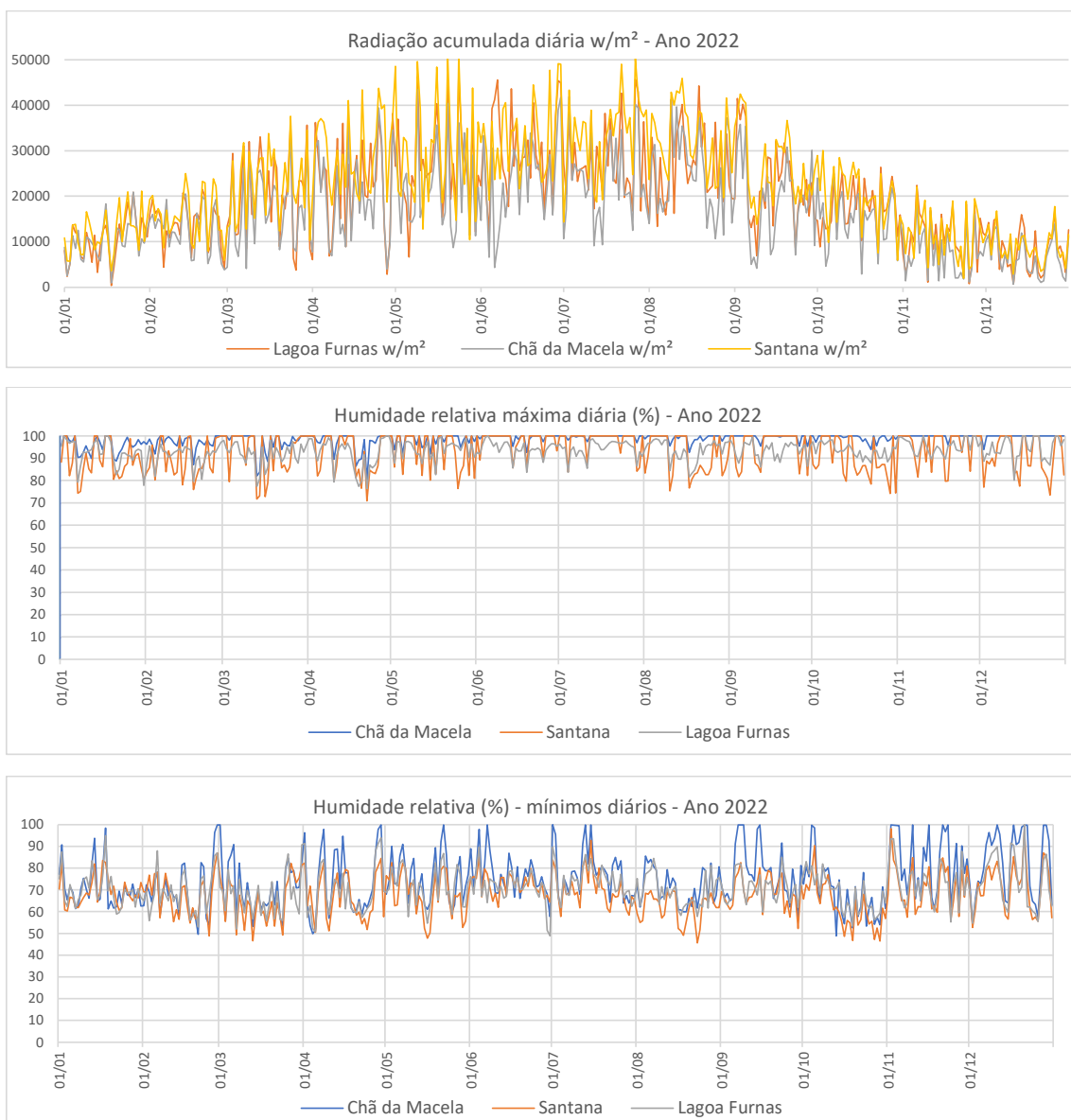


Figura 18

Gráficos de temperatura e humidade com os valores diários das observações em 3 estações da Estações da Rede Hidrometeorológica dos Açores (<https://redehidro.ambiente.azores.gov.pt/>)

Os ganhos solares através dos envidraçados orientados no quadrante sul são determinantes para garantir as necessidades de aquecimento no inverno de forma passiva. No entanto, é necessária uma estratégia para evitar os ganhos excessivos no verão, quer seja através de proteções solares móveis quer através de elementos de sombreamento, ou uma combinação dos dois. As proteções solares pelo exterior são as mais eficazes considerando a variabilidade do nosso clima revelam-se numa solução que permite uma adaptação do nosso edifício às condições específicas de cada dia.

A fração da radiação solar incidente que é transmitida de forma direta ou indireta para o interior é designada de fator solar. Os valores de fator solar podem ser obtidos em tabelas de acordo com o tipo de vidro utilizado ou em fichas técnicas do fabricante do vidro. No

cálculo para o verão, deve ser considerado o fator solar do conjunto vidro + proteção solar que pode ser obtido diretamente nas tabelas quando se utiliza vidro normal. Para evitar o sobreaquecimento dos edifícios no verão está previsto um limite máximo de fator solar que é bastante mais exigente para edifícios com pouca inércia térmica que podem facilmente sobreaquecer. Para verificação deste limite, para além das proteções solares, é considerado o contributo dos elementos de sombreamento dos vãos. O limite de fator solar vai sendo cada vez mais exigente para vãos com área superior a 15% do compartimento que servem. Neste sentido, manter os vãos entre os 10% (mínimo no RGEU) e os 15% da área do compartimento será uma boa referência. Para os vãos com menos de 5% da área do compartimento e para os orientados a norte não há requisitos mínimos de fator solar.

Face aos elevados níveis de humidade relativa que se registam nos Açores, é particularmente importante prever uma estratégia de ventilação adequada nos edifícios para garantir a qualidade do ar e evitar condensações. Embora desde 1951 (RGEU), seja obrigatório permitir a ventilação transversal de cada habitação, as exigências dos regulamentos em vigor nos Açores entre 2006 e 2016 acabaram por promover um ambiente quase estanque na habitação. Só a partir de 2016 com aplicação à região do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto passou a ser obrigatório garantir um caudal de ar novo mínimo de 0,4 renovações por hora em habitação que pode ser garantido com um sistema de ventilação mecânica ou através de ventilação natural, normalmente com admissão através de grelhas fixas ou autorreguláveis nas fachadas e a saída nas instalações sanitárias e cozinha. Por outro lado, são necessárias preocupações adicionais no projeto para evitar que o ar húmido proveniente das cozinhas, instalações sanitárias e lavandarias contamine os restantes compartimentos, garantindo também um adequado tratamento das pontes térmicas onde possam ocorrer condensações.

3. Fluxos Energéticos nos Açores

Os Açores apresentam um sistema energético extremamente dependente da importação de energia do exterior, na forma de combustíveis fósseis, que vão desde o combustível para a aviação, passando pelas gasolinas e gasóleo – maioritariamente destinados ao sector dos transportes, o fuel – quase totalmente destinado à produção de energia elétrica, e o GPL.

Embora com menor representatividade que em outras regiões com climas mais rigorosos, o edificado representa cerca de 32% do consumo de energia final nos Açores.

No sector residencial, o mix energético inclui o gás butano (47%), a eletricidade (46%), a biomassa (7%) e o solar térmico (<1%).

Nos Açores, praticamente todos os edifícios estão equipados com instalação elétrica e com rede de gás, seja ele canalizado ou de garrafa.

A eletricidade, pelo facto de se considerar uma energia limpa, segura e extremamente flexível, tem sido cada vez mais privilegiada, em linha com aquilo que é um dos princípios orientadores da Estratégia Açoriana para a Energia 2030, em detrimento de vetores energéticos dependentes da importação de combustíveis fósseis.

Naquilo que respeita ao consumo energético para efeitos de climatização em edifícios de habitação, este é relativamente baixo, seja pela benevolência do clima, seja pela pobreza energética, representando apenas 4,3% para aquecimento e 0,9% para arrefecimento.

4. Sistemas Energéticos em Edifícios

Os sistemas pelos quais se distribuem os consumos de energia nos edifícios são: os equipamentos de cozinha; os equipamentos elétricos; os sistemas de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado); os sistemas de preparação de AQS (água quente sanitária); e os sistemas de iluminação. Nalguns edifícios, principalmente nos GES (grandes edifícios de comércio e serviços), poderão ainda existir os sistemas de automatização e controlo de edifícios (SACE).

5. Ventilação e qualidade do ar interior

Um dos aspetos de extrema importância na conceção de edifícios é a qualidade do ar interior (QAI), que deve ser garantida através de ventilação, seja ela natural, mecânica ou híbrida.

A legislação vigente impõe requisitos relativos à ventilação dos espaços para todos os edifícios novos ou renovados. Por outro lado, os GES e os edifícios que abranjam creches, estabelecimentos de educação pré-escolar, estabelecimentos de ensino do primeiro ciclo do ensino básico e estruturas residenciais para pessoas idosas estão sujeitos a uma avaliação simplificada anual de requisitos relacionados com a qualidade do ar interior.

A ventilação nos edifícios deve realizar-se, preferencialmente, de forma natural e quando necessário complementada com soluções de ventilação mecânica. No caso de edifícios ventilados de forma natural, deve ser assegurado que os sistemas de ventilação são dotados de meios destinados a limitar a renovação excessiva de ar, designadamente, devido à ação do vento intenso, bem como de uma distribuição adequada das aberturas nos espaços para promover a renovação do ar interior e evitar zonas de estagnação. Por outro lado, as soluções de ventilação devem ter em conta o cumprimento das disposições relativas aos requisitos acústicos.

No caso dos edifícios de habitação, a ventilação deve ser geral a todo o edifício, devendo a admissão de ar ser realizada pelos espaços principais e a extração por espaços de serviços (instalações sanitárias, cozinha, lavandaria, etc.).

Em edifícios onde se procura um elevado desempenho energético, é fundamental promover uma elevada estanquicidade na envolvente, de forma a minimizar as perdas energéticas através de renovação de ar excessiva e indesejada, e adotar sistemas de ventilação mecânica controlada (VMC).

Uma das peças chave nos sistemas VMC são as unidades de ventilação bidirecional (UVB), que incluem dois circuitos, um para extração de ar viciado e outro para insuflação de ar novo, e um recuperador de calor. Nestes equipamentos, sempre que é vantajoso, principalmente na estação de aquecimento, a energia do ar rejeitado é transferida (recuperada) para o ar novo insuflado, com eficiências tão elevadas que, mesmo com temperaturas exteriores baixas, o ar novo é insuflado a uma temperatura muito próxima daquela que se verifica no interior.

6. Sistemas de Ar Condicionado

Os sistemas ativos de climatização devem ser a opção de último recurso, quando se esgotaram todas as possibilidades de um desenho otimizado do edifício. Ainda assim, os equipamentos disponíveis no mercado são cada vez mais eficientes e com menor impacto no ambiente, nomeadamente no que respeita ao Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential - GWP).

7. Sistemas de Iluminação

A iluminação natural dos espaços interiores deve ser sempre privilegiada. Quando tal não é possível ou suficiente, devem ser escolhidos equipamentos e sistemas com elevada eficiência, normalmente tipo LED, e corretamente dimensionados através de um estudo lumino-técnico. Para os espaços de trabalho, deverá ser observada a norma EN 12464-1. O uso de detetores de presença e de luz natural deve também ser sempre considerado.

8. Preparação de AQS

Os sistemas atualmente mais utilizados para efeitos de preparação de água quente sanitária em edifícios são as bombas de calor e os sistemas solares térmicos.

As bombas de calor são equipamentos que, ao invés de gerarem calor, movem o calor de um local (ar) para outro (água), através de um ciclo frigorífico. Desta forma conseguem ser cerca de 3 vezes mais eficientes que um termoacumulador convencional.

Os coletores solares térmicos são equipamentos que convertem a energia solar diretamente em calor. Estes sistemas precisam sempre de um sistema de apoio, para garantir a disponibilidade de AQS mesmo nos períodos com menor radiação solar.

9. Energias renováveis

Os sistemas de captação de energias renováveis podem ser divididos em térmicos e elétricos.

No caso dos sistemas térmicos, temos aqueles que usam biomassa e o solar térmico, e ambos podem ser utilizados quer para preparação de água quente sanitária, quer para aquecimento ambiente.

Para a produção de eletricidade, existem os sistemas solares fotovoltaicos, os sistemas eólicos e as mini/micro-hídricas, sendo os primeiros os mais difundidos, uma vez que os restantes só são considerados viáveis em locais com condições muito específicas.

Os sistemas fotovoltaicos convertem a energia solar diretamente em energia elétrica em instalações designadas por unidades de produção para autoconsumo (UPAC). Neste tipo de instalações, o sistema é dimensionado com a prioridade de satisfazer as necessidades próprias de consumo, podendo, no entanto, o excedente de energia ser injetado na rede elétrica de serviço público (RESP).

1.3 Desafios do carbono Incorporado e da Avaliação de Ciclo de Vida nos edifícios

SARA PARECE E RICARDO RESENDE

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO, TECNOLOGIAS E ARQUITETURA, INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE LISBOA (ISTAR)

1. O que são as emissões e porque é que são importantes?

A presença, em proporções muito diminutas, de gases com efeito de estufa (GEE ou GHG, de Green House Gas) na atmosfera aumenta a temperatura média de -18°C para 15°C tornando-a habitável. Os ciclos naturais dos GEE mantiveram-se relativamente estáveis até que foram alterados de forma abrupta pelo rápido desenvolvimento humano possibilitado pela extração e queima de combustíveis fósseis, que continuam a ser a fonte de energia potente, barata e flexível que tem permitido bem-estar a uma população crescente.

Para além da queima de combustíveis fósseis, atividades humanas como a Agricultura também libertam Dióxido de Carbono (CO_2) e outros GEE como o Metano, o Óxido de Azoto ou o Ozono, sendo que alguns deles, pela sua capacidade de retenção de calor e tempo de vida na atmosfera, são mais prejudiciais que o CO_2 . Um quilograma de Óxido de Azoto, por exemplo, tem um Potencial de Aquecimento Global (PAG), ou GWP, de Global Warming Potential) 298 vezes superior. Por uma questão de conveniência, o CO_2 é a referência para medir a capacidade de reter calor, englobando o efeito de todos estes gases. O PAG de um produto ou atividade é, portanto, expresso em quilogramas de CO_2 equivalente, ou $\text{kg CO}_2\text{e}$. Hoje podemos estabelecer com grande confiança uma equivalência entre a quantidade de CO_2 libertado e o aumento de temperatura: a cada mil gigatoneladas corresponde um aquecimento de $0,45\text{ C}$ (IPCC, 2023).

Mais de um terço (40%) dos GEE europeus são emitidos pela construção e operação dos edifícios e infraestruturas. O foco deste artigo são as emissões associadas ao Carbono Incorporado, também chamado Embodied Carbon: as emissões que não estão associadas à operação dos edifícios, mas sim à produção, transporte, construção e instalação, fim de vida dos materiais e produtos de construção. Por simplificação, e porque é a maior parcela, referimo-nos com frequência ao Carbono Incorporado como estando associado ao fabrico e construção.

2. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A ACV de um edifício é atualmente o método estabelecido para avaliar emissões e outros poluentes emitidos na atmosfera, nas fases do ciclo de vida, definidas abaixo e representados na Figura 19:

- A - Produção e Construção,
- B - Utilização,
- C - Fim de Vida,
- D - Impactes além da fronteira do sistema.

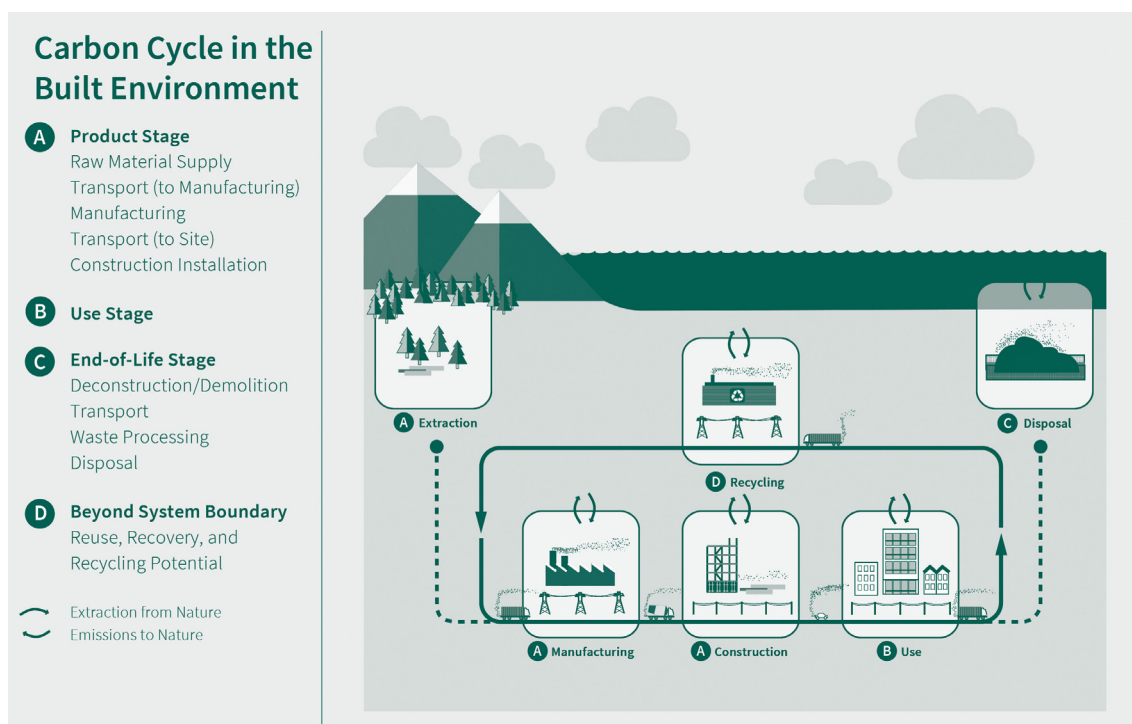


Figura 19

Fontes de emissões por fase do ciclo de vida (A, B, C, D) de um edifício de acordo com as fases definidas na Norma europeia (EN) 15978 (Fonte: *Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide*).

A ACV da construção é uma prática complexa alicerçada num conjunto de normas europeias (EN) e standards internacionais (ISO). A Comissão Europeia desenvolveu a metodologia Level(s) para o sector da construção. A Level(s) baseia-se em seis Macro Objetivos: Energia; Materiais e Resíduos; Água; Qualidade do Ar Interior; Resiliência às Alterações Climáticas; e Otimização do Valor. Para cada Macro Objetivo são definidos indicadores quantificáveis, no total de dezasseis, e os seus processos de cálculo.

A metodologia Level(s) pode ser aplicada com três níveis de desenvolvimento e detalhe: o primeiro implica apenas avaliações qualitativas na fase conceptual do projeto; o segundo nível corresponde ao projeto de execução e estima o desempenho do edifício de acordo com métodos normalizados; o terceiro nível avalia o desempenho do edifício em utilização e implica a monitorização e o levantamento da atividade local. Pode encontrar apresentações, manuais e calculadoras no site do Level(s).

3. A importância do Carbono Incorporado

A ACV avalia diversos indicadores, mas o PAG é frequentemente o foco do estudo, e é incluído no Macro Objetivo 1 da Level(s). A vantagem do estudo do PAG no ciclo de vida é que engloba os efeitos imediatos e diferidos do objeto de estudo, permitindo alinhar as escolhas presentes com as suas consequências nas próximas décadas. As maiores dificuldades são a relativa complexidade, e o facto de desconhecermos os cenários climáticos, sociais, económicos e energéticos nas próximas décadas. A consideração do PAG global, ou seja, de todo o ciclo de vida do edifício, evita consequências indesejadas de estratégias parciais. Por exemplo, a instalação de vidros triplos num determinado edifício poderá torná-lo mais eficiente energeticamente. Contudo, as emissões causadas pelo fabrico, transporte, instalação e tratamento em fim de vida destes vidros podem ser maiores que as emissões evitadas pelo menor consumo energético.

Os gráficos da Figura 20 ilustram este balanço. No lado esquerdo podemos observar como a maior eficiência energética – conseguida à custa do uso de mais materiais, na sua maioria poluentes – baixou as emissões operacionais (maioritariamente ventilação, climatização, iluminação, etc.). Como consequência, as emissões associadas à construção – Carbono Incorporado – aumentaram em termos absolutos e relativos. No lado direito observamos como as emissões são abruptas na construção e renovação, sendo graduais durante o uso. Os gráficos não espelham um fator importante, que é o tempo de vida do edifício. Se este for estendido devido à e capacidade de adaptação, durabilidade de uso e bom estado de conservação, as emissões embebidas são amortizadas por maior período.

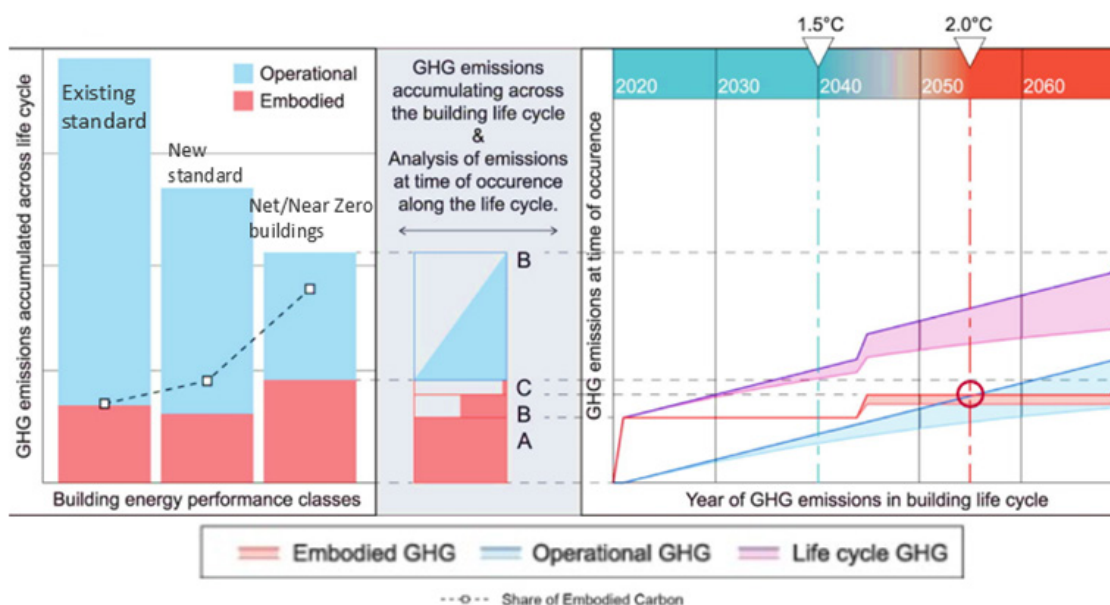


Figura 20

Relevância do Carbono Incorporado no ciclo de vida. (Fonte: Röck et. Embodied GHG emissions of buildings– The hidden challenge for effective climate change mitigation, 2022)

4. A importância do Carbono Incorporado em Contexto Insular Açoriano

A baixa amplitude térmica, elevada pluviosidade e humidade relativa prevalentes nos Açores implicam baixas necessidades de aquecimento e arrefecimento e por isso menor consumo de energia em fase de operação, onde os consumos advêm maioritariamente da climatização. Contudo, a elevada humidade relativa está diretamente relacionada com condensações e bolores, afetando a qualidade do ar e a durabilidade das construções, sendo necessária implementar medidas de ventilação e de tratamento do ar. Por outro lado, a humidade reduz o tempo de vida dos materiais, implicando renovações mais frequentes a que estão associados picos de carbono incorporado na fase de uso. Já o uso de materiais e produtos não endógenos como o cimento e aço aumenta as emissões devido ao transporte marítimo de longa distância.

Finalmente, cada ilha tem um *mix* energético diferente e em evolução, o que vai ter implicações nas emissões operacionais e nas emissões associadas à produção de materiais endógenos.

5. Metodologias de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Para a ACV de um edifício ou infraestrutura, são recolhidas as quantidades de materiais, produtos e processos que formam um Inventário ou Mapa de Quantidades e Processos, semelhante ao Mapa de Quantidades de Trabalhos que integra um Projeto de Execução. Essas quantidades são multiplicadas pelo impacte ambiental de cada produto e processos. Os resultados são, então, somados para obter os impactes ambientais globais do edifício ou infraestrutura (Figura 21).

A consolidação do Inventário, devido à sua extensão, apresenta uma complexidade considerável, assim como a coleta de dados sobre os impactes ambientais associados, e exige uma colaboração estreita entre projetistas, construtores e fabricantes.

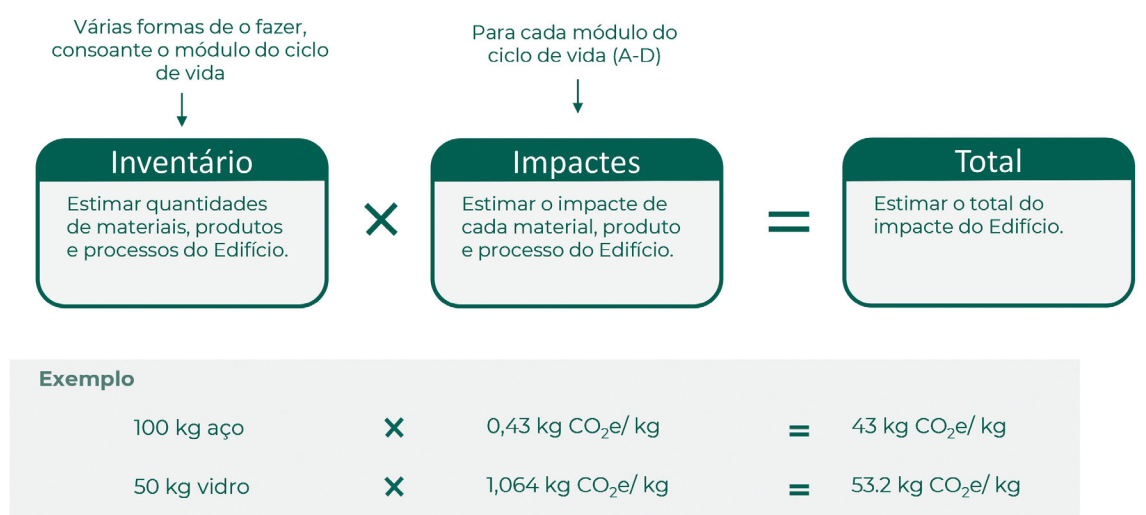


Figura 21

Exemplo simplificado do processo de cálculo da ACV. (Fonte: *Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide*).

Para cada fase do ciclo de vida – representadas na Figura 22 – temos estratégias diversas para a recolha do inventário.

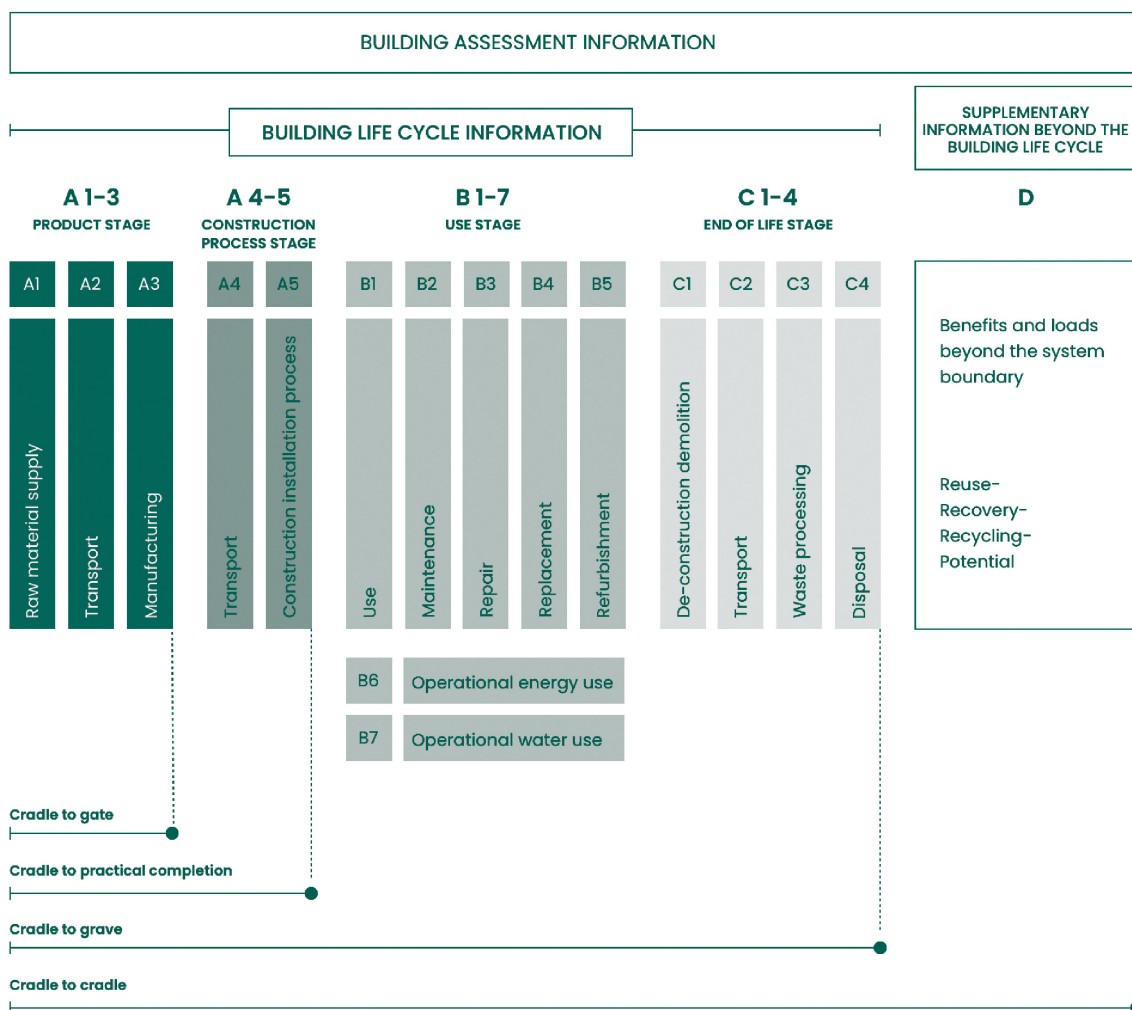


Figura 22
Fases do ciclo de vida de um edifício de acordo com a EN 15804 e ISO 21930. (Fonte: *Ebook - OneClick LCA*).

A Fase de Produção [A1-3] lida com as emissões de carbono que decorrem dos processos de extração de matérias-primas, transporte e fabricação. Estes dados devem ser recolhidos de bases de dados ACV de fontes recomendadas¹, e sempre que possível enquadrando-se no contexto geográfico. Esta é a parcela mais relevante na maioria dos casos.

O Transporte deve incluir todas as etapas do trajeto dos produtos e materiais da fábrica até à obra [A4] e também o transporte de resíduos de desmontagem e demolição no fim de vida do edifício para o local apropriado de descarte, incluindo quaisquer estações intermediárias [C2]. Os fatores que influenciam as emissões devidas ao Transporte são a quantidade de material a transportar, a distância e o fator de carbono associado ao tipo de transporte. Esta parcela pode adquirir um peso maior em locais remotos com poucos recursos próprios, e deve ser considerada quando se compram materiais de origens distantes.

¹ Level(s). Indicator 1.2 Indicative list of LCA software and databases for use with indicator 2021-07-08

A fase de Construção [A5] respeita às emissões decorrentes de quaisquer atividades relacionadas à construção no local ou fora dele, incluindo resíduos. Portanto, é calculado com base no consumo energético da operação a realizar e na quantidade de desperdício de material.

Na fase de uso [B1], este critério considera as emissões carbono libertadas e absorvidas pelos elementos de construção durante o uso. Inclui, por exemplo, a reabsorção de CO₂ pela cal e cimento através da carbonatação, ou crescimento vegetal na obra.

As fases de Manutenção e Reparação [B2] e [B3] incluem os processos de manutenção e reparação de sistemas técnicos, produtos e materiais.

Na fase de Substituição [B4] contabilizam-se as emissões relacionadas com a substituição prevista dos sistemas, produtos e materiais de construção. Estimativas para as vidas úteis dos materiais podem ser encontradas no *Level(s) User Manual 3: Indicator 2.1* e são um fator a considerar no projeto.

A fase de Reabilitação [B5], é contabilizada quando existe uma alteração planeada nas características físicas e/ou no desempenho da construção (por exemplo, na ampliação e na alteração de uso), considerando os impactos [A1-5] e os ajustes correspondentes nos módulos B, C e D.

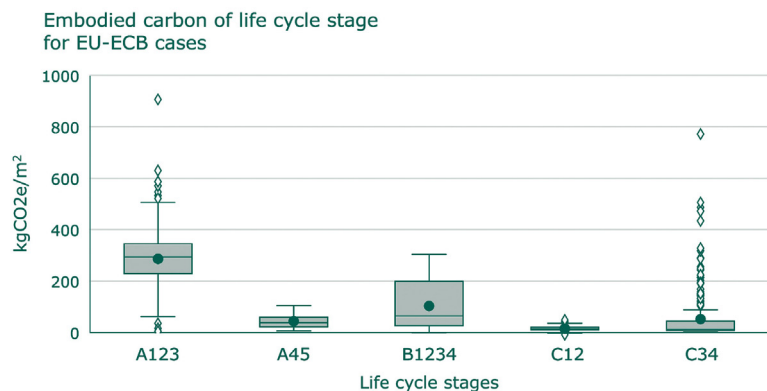
A fase de Desconstrução e Demolição [C1] abrange todas as atividades no local necessárias para desconstruir e/ou demolir o ativo. É calculado de forma semelhante à fase [A5].

É necessário definir cenários de fim de vida para cada produto/material para o cálculo das fases de Processamento de resíduos [C3] e Descarte [C4]. Exemplos de cenários de fim de vida de produtos são a Reutilização, a Reciclagem e a Incineração ou Aterro.

Finalmente a fase [D] abrange quaisquer benefícios decorrentes da reutilização/reciclagem de elementos descartados do ativo construído, ou energia recuperada a partir deles para além do ciclo de vida do projeto. Capta emissões evitadas (ou cargas potenciais) resultantes.

6. Contribuição de cada fase de ciclo de vida

Ao analisar o contributo das emissões de carbono incorporado ao longo do ciclo de vida do edifício, conforme ilustrado na Figura 23, identifica-se que sensivelmente metade advém da fase de produção (A1-3), com um valor médio de cerca de 300 kgCO₂e/m². Quase um quarto ocorre durante a fase de uso (B1-4), com um valor médio de cerca de 120 kgCO₂e/m², revelando a importância da escolha de materiais de baixo impacto ambiental e a otimização do seu uso. Cabe ao projetista definir estratégias que minimizam o volume de material necessário sem comprometer a exigências programáticas e técnicas do edifício, como o conforto térmico passivo.



	Production stage	Construction process	Use stage	End of life stage NL	
	A1-3	A4-5	B1-4	C1-2	C3-4
Absolute (mean)	300	40	120	20	60
Relative (mean)	56%	7%	22%	4%	11%

Figura 23
Distribuição do Carbono Incorporado por fase do ciclo de vida. (Fonte: Report - Towards embodied carbon benchmarks for iin Europe #2 Setting the baseline: A bottom-up approach).

7. Dados de ACV

É necessário considerar dados de diferentes fontes e precisão para cada fase de um projeto, conforme demonstrado na Figura 24.

Típos de data	Des.	Conceptual	Licenciamento	Execução	Construção	Uso	Fim-de vida
Dados Genéricos	Dados para um tipo de componente, produto e/ou material	X	X	O	O	O	O
Dados médios	Média de dados de diferentes produtores para o mesmo material ou produto.	X	X	X	X	X	X
Dados específicos	Dados de um produto ou material de um produtor específico (DAP)	O	X	X	X	X	X
Dados reais	Dados recolhidos diretamente no local				X	X	X

(X) preferível **(O)** alternativo

Figura 24

Tipos de dados de potencial de aquecimento global de materiais e produtos em cada fase do ciclo de vida (Fonte: Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide).

Nas fases iniciais de projeto, em que as marcas e tipos de produtos e materiais ainda não estão definidos, é aconselhado o uso de dados genéricos ou médios. À medida que o projeto avança e a informação específica se torna disponível, é recomendável recorrer a dados específicos, recolhidos nas Declarações Ambientais de Produto (DAP).

As DAP são elaboradas pelos produtores e fornecem informações ambientais quantificadas sobre o ciclo de vida de um produto. Seguem padrões como as Normas ISO 14040, ISO

14044 e, geralmente, a EN 15804 nos países europeus. Em Portugal, o único banco de DAP disponível é o dapHabitat., disponibilizado pela Plataforma para a Construção Sustentável. Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência crescente na publicação de DAP por parte dos fabricantes europeus de produtos de construção, o que é essencial para assegurar disponibilidade e qualidade de dados. Trabalha-se também sobre a disponibilização da informação sobre os produtos de construção em plataformas eletrônicas *machine-readable*. No site <https://pdts.pt/> podem-se consultar Data Templates de produtos da construção nacionais, que no futuro poderão obviar este problema.

8. Desafios da ACV: Precisão vs. Impacte no Projeto

A ACV é um processo moroso que exige experiência para realizar suposições informadas. As simplificações são necessárias, mas se mal orientadas comprometem a precisão e mesmo a validade das conclusões.

Já foi realçado que à indefinição inicial nos vários aspetos do edifício está associada grande incerteza no cálculo dos impactes. Por outro lado, com a maior definição, a capacidade de tomar decisões diminui e o seu custo aumenta. O mesmo raciocínio é válido para o estado do conhecimento atual. Apesar de ainda nos faltarem ferramentas e dados com a precisão desejada, não podemos hoje adiar escolhas que vão ter consequências nas próximas décadas.

O uso de dados genéricos ou médios de ACV pode não ser totalmente representativo no contexto português e insular, o que pode afetar a precisão das análises. A falta de dados específicos de ACV sobre materiais e atividades de construção que representam o contexto europeu, nacional e regional é uma limitação. Em dezembro de 2023 apenas existem 42 DAP disponíveis na plataforma nacional dapabitat.pt e os seus valores não são *machine-readable*, o que implica a leitura por um humano de cada DAP para extrair os valores.

É crucial reconhecer que o objetivo da ACV, especialmente nas fases iniciais de um projeto, não é quantificar de forma precisa os impactes de cada solução. Em vez disso, a ACV visa informar se uma opção de projeto é preferível a outra, proporcionando uma comparação e orientando decisões com base em considerações ambientais objetivas.

9. Ferramentas baseadas em BIM

A metodologia BIM (Building Information Modeling) está a ser adotada no projeto, construção e operação dos edifícios. Os modelos BIM têm vantagens sobre o desenho tradicional: reduzem os erros de desenho e compatibilização, permitem compatibilizar as especialidades no espaço e no tempo e permitem a gestão automática das quantidades de materiais e produtos. Esta última capacidade agiliza o processo de ACV.

Existem diversos softwares de ACV baseados em BIM capazes de fornecer resultados rápidos e confiáveis, mas exigem que desde o início do projeto se respeitem regras de modelação e requisitos de informação geométrica e não-geométrica. A Level(s) indica uma lista de ferramentas recomendadas como o plug-in Tally para Autodesk Revit®, desenvolvido pela KT Innovations e Autodesk ou a aplicação OneClick LCA, desenvolvida pela Bionova Ltd, Finlândia.

Para as fases preliminares de um projeto, existem ferramentas úteis no apoio à tomada de decisão, capazes de estimar as quantidades e o PAG com base em parâmetros como o sistema construtivo, a área bruta e de implantação, número de pisos acima e abaixo do terreno e a razão de área envidraçada. O FCBS Carbon (gratuito) e o Carbon Designer 3D são exemplos dessas ferramentas.

10. Impacte dos Materiais

Um edifício é constituído por uma grande variedade de materiais e produtos que constituem a estrutura, divisórias, revestimentos, equipamentos, redes e sistemas e mobiliários. O maior impacte ambiental inicial vem dos materiais estruturais - aço, betão - e dos constituintes de paredes interiores e exteriores - blocos cerâmicos e cimentícios e gesso laminado, que têm pegadas unitárias significativas e são usados em grandes quantidades.

O fabrico do cimento, o aço e outros metais e a cerâmica exige grandes quantidades de energia, maioritariamente de origem fóssil, em especial no caso do cimento e dos produtos cerâmicos. Além do gasto de energia, os processos químicos de fabrico do cimento e do aço libertam dióxido de carbono que são parcialmente recuperados pela absorção de CO₂ - a carbonatação do betão - que ocorre muito lentamente.

Podemos compreender os impactes absolutos e relativos dos materiais em <https://www.materialepyramiden.dk> onde para além do impacte de cada material por metro cúbico podemos detalhar a forma como é aplicado: em peças volumosas no caso do betão, em camadas mais ou menos espessas, no caso de paredes, isolamentos e revestimentos.

Materiais renováveis, como a madeira e o bambu podem cumprir funções estruturais, de separação e revestimento e capturam carbono da atmosfera e do solo. Este carbono é capturado de forma mais intensa na fase de crescimento e é libertado, ou não, no destino final da peça: incineração ou depósito em aterro, ou reutilização ou reciclagem. O debate sobre o carbono biogénico é aceso e em evolução, mas não há dúvida de que a captura e armazenagem de carbono na madeira, mesmo que por décadas, é mais sustentável que a emissão imediata associada ao cimento e metais.

É também imperativo aumentar a eficiência do uso dos materiais. As lajes são responsáveis por grande parte da massa dos edifícios. Lajes pesadas exigem não só mais material, mas também fundações mais fortes e profundas. Edifícios muito altos exigem também fundações mais fortes, mas também sistemas de ventilação, transporte vertical de pessoas e água, com maior impacte inicial e diferido.

Enquanto para a superestrutura a madeira é cada vez mais viável, as partes enterradas dos edifícios continuam a exigir paredes de betão armado e lajes de soleira, sendo por isso especialmente danosas.

11. Design para a Adaptabilidade e Desmontabilidade

Estender o tempo de vida do edifício, materiais e componentes é a forma mais eficiente de baixar o seu impacte, e pode ser conseguida por dois caminhos. Por um lado, pode-se prolongar a vida útil do que já está construído, evitando a nova construção através da

reabilitação e renovação de edifícios existentes para responder às necessidades atuais. Por outro lado, quando é necessário construir, podemos incorporar materiais de edifícios existentes, dando-lhes uma nova vida, e devemos pensar como os novos edifícios e os seus componentes podem também cumprir várias “vidas” para além da imediata.

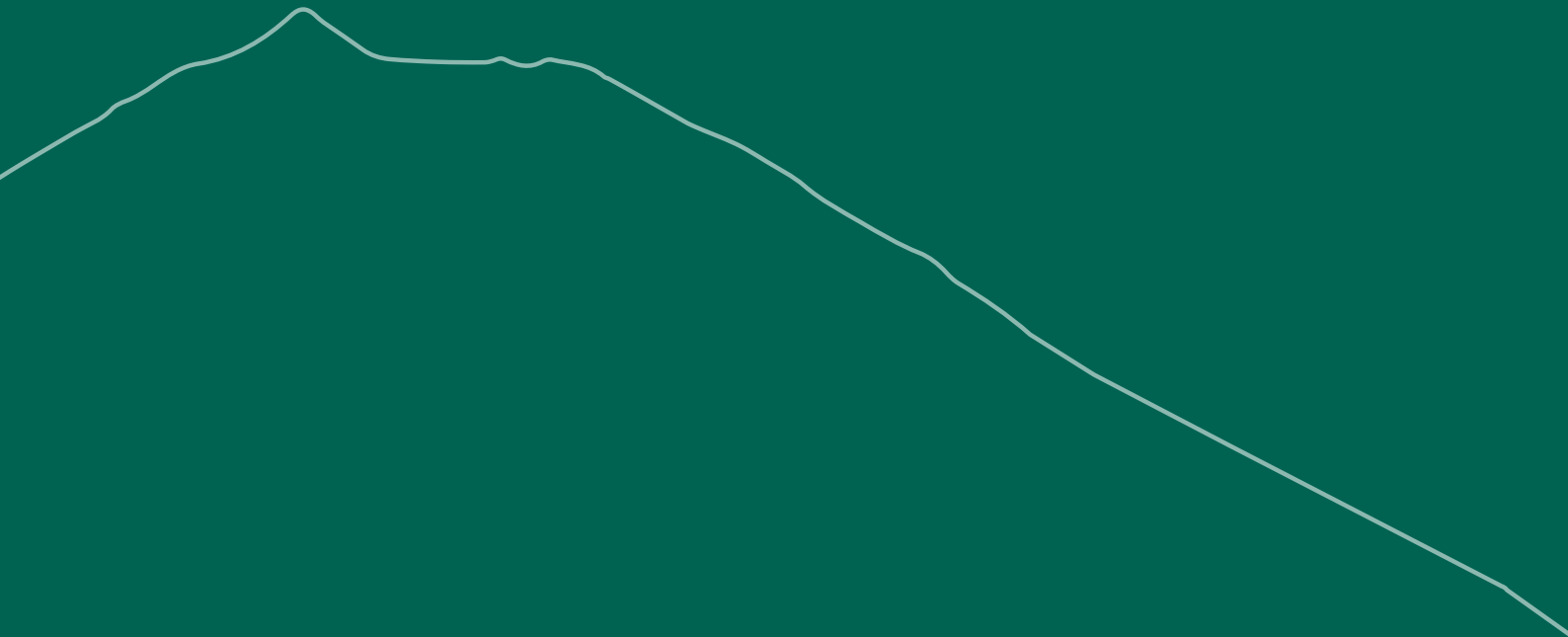
Sendo difícil projetar e contruir para necessidades das gerações futuras, podemos construir edifícios com capacidade de adaptação através do princípio de *Shearing Layers* do arquiteto Frank Duffy (Cheshire, 2019). Este princípio considera que o edifício é constituído por seis camadas com funções e durações independentes: o Local, a Estrutura, a Pele ou Envelope, os Serviços, o Espaço e as Coisas. Deverá, por exemplo, ser possível mudar o Espaço (alterando divisórias) sem afetar os Sistemas (redes e iluminação) ou a Estrutura; ou melhorar a fachada ou cobertura (Pele) sem alterar a Estrutura e os Sistemas.

A Desmontabilidade suporta-se na separação dos elementos construtivos sem os danificar para reutilização e está também relacionada com o conceito *Shearing Layers*. Implica uma conceção e projeto que preveem sistemas de união reversíveis, e componentes modulares e padronizadas. A construção nacional tende a usar vãos “à medida”, uniões irreversíveis com colas, silicone, cimento-cola e pregagem, ou tetos e paredes em gesso cartonado não desmontável. Em consequência, estes elementos são destruídos na desmontagem e têm como fim de vida o aterro ou incineração. Gradualmente surgem produtos de construção que permitem maior reutilização.

Eventos dos últimos anos como a pandemia COVID-19, a crise de habitação ou as alterações climáticas forçaram a sociedade a dar mais ênfase ao conceito de Adaptabilidade na construção. A metodologia Level(s) indica (User Manual Indicador 2.3) um sistema de classificação para edifícios de serviços com pistas importantes ao nível da flexibilidade espacial associada à superestrutura, pé-direito, métrica da fachada e divisórias, redundância de acessos; facilidade de renovação e alteração das redes (sendo de evitar embê-los no chão e paredes); e expansão do edifício na vertical e horizontal com ou sem reforço estrutural, que pode estar previsto no projeto inicial.



Parte 2:
Ambiente
construído,
clima e
recursos em
reflexão



2.1 Projetar com o clima nos anos 60 em Portugal

JOÃO SANTA RITA

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA, ESCOLA DAS ARTES, UNIVERSIDADE DE ÉVORA

1. Introdução

O artigo apresenta um resumo da tese de doutoramento *Projetar com Clima em Portugal: Entre o “Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa” e a Revolução de Abril, 1955-1974*, que analisou um período da história da arquitetura moderna portuguesa, em que se evidenciou a influência da arquitetura vernácula e se verificou uma atenção às variáveis climáticas ou abreviadamente do clima, no projeto e construção de edifícios de habitação unifamiliar. A tese fez o levantamento da arquitetura construída nos anos 1960 e início dos anos 1970, em mais de duzentas habitações unifamiliares. O levantamento partiu de uma primeira seleção feita a partir do Inquérito à Arquitectura Portuguesa do Século XX, que depois foi confirmada em viagens de estudo realizadas por Portugal continental. Dessa primeira seleção foram escolhidos seis casos de estudo, considerados os mais representativos da prática arquitectónica do universo pesquisado. Para testar a influência do clima regional nos casos de estudo, foi realizado um levantamento experimental dos parâmetros termo-higrométricos de conforto, isto é, da temperatura ambiente e humidade relativa. Esta análise permitiu validar a eficácia das estratégias passivas de adaptação ao clima adotadas pelos arquitectos.

2. Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa

Ana Tostões descreve a disciplina e o espírito que lançou o Inquérito, recordando que um dos objetivos iniciais deste Inquérito era reconhecer como a arquitetura vernácula resolvia “os problemas climáticos, os materiais disponíveis, a economia e as condições de vida de cada região”, e em que medida tais soluções “conseguiram manter-se vivas e adequadas funcional, económica e espiritualmente” (Tostões, 1997). A introdução ao Inquérito por Keil do Amaral (1910-1975) era clara nestes objetivos: “a ocupação do solo, a estruturação urbana, os materiais e processos construtivos concorrentes, e a influência do clima, da economia, da organização social e dos fatores de evolução nos edifícios e seus agrupamentos” (Amaral, 1961).

O Inquérito apresentou uma leitura do território português a partir da geografia de Orlando Ribeiro (1911-1997) que no livro “Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico”, publicado em 1945, definiu três grandes regiões climáticas em Portugal: o norte Atlântico com um clima temperado húmido de alta pluviosidade; o norte da região de Trás-os-Montes com o regime continental frio; e o sul do Mediterrâneo com clima quente e seco no verão e clima temperado no inverno.

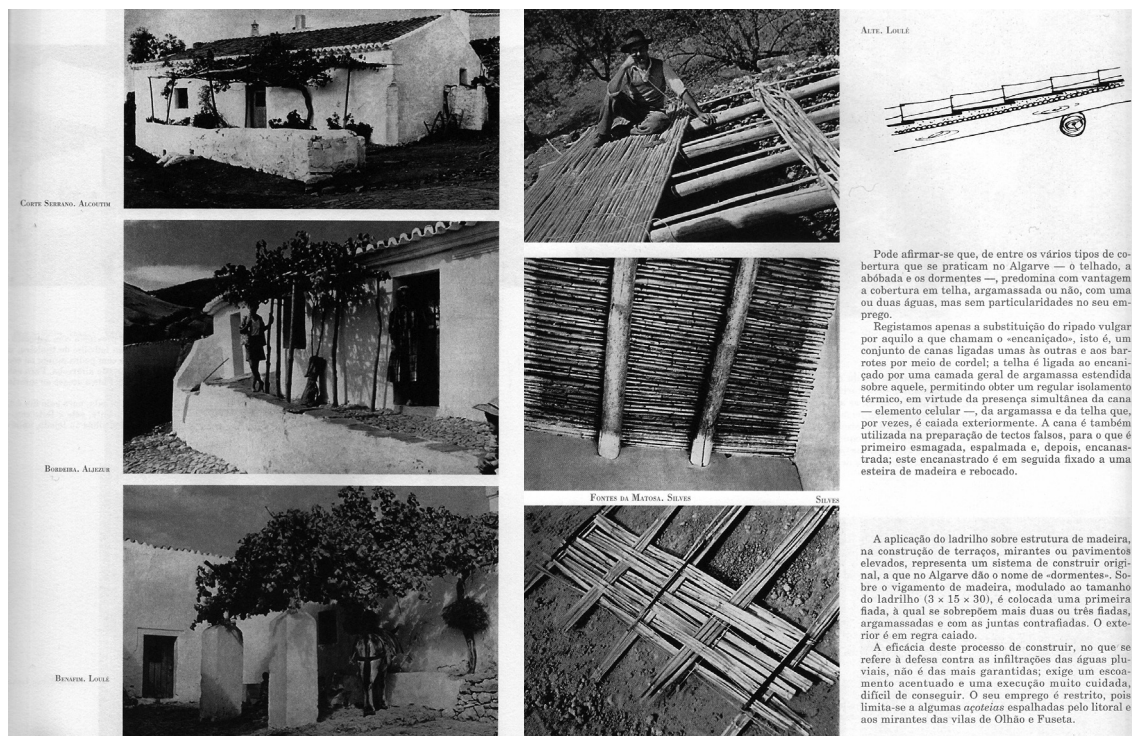


Figura 25

Imagens do Inquérito - Zona 6 (Algarve) – As parreiras a sombrear os pátios de entrada e os “encançados” a isolar os telhados (Amaral et al. 1980 [1961], 615 e 634).

Numa síntese, destacam-se os fatores invariáveis e variáveis da arquitetura vernácula representada nas seis regiões da publicação do Inquérito.

Os fatores invariáveis incluem o sentido da economia de meios, quer na maneira de implantar a forma dos edifícios na topografia dos lugares, quer de todo o processo construtivo, aproveitando as tecnologias artesanais baseadas na estrutura física e mecânica dos materiais de construção, seguindo um baixo nível de transformação do material e uma ornamentação quase inexistente.

Os fatores variáveis incluem os aspetos construtivos e climáticos, com especial destaque para as estratégias de adaptação das habitações aos fatores locais, nomeadamente na implantação de acordo com a orientação solar e padrões de vento, e na aplicação de materiais com funções térmicas, tais como: paredes de elevada inércia térmica, telhados de colmo nas regiões frias, forros interiores dos telhados feitos de canas e pintura.

3. Estratégias de adaptação climática dos casos de estudo

Para análise neste artigo, analisam-se o conjunto de seis casos de estudo levantados nas mesmas seis regiões do Inquérito, divididas entre o norte e o sul de Portugal.

A norte, os casos de estudo são representativos dos microclimas da costa atlântica do Minho e da “Terra Quente” de Trás-os-Montes.

Casas de Caminha

As Casas de Caminha (1971) de Sérgio Fernandez (n. 1937) situam-se em Caminha, perto do mar e integram um conjunto de duas casas. Estas são construídas com blocos de granito e lajes pré-fabricadas de betão armado. O alpendre que serve de entrada às habitações configura um espaço exterior de convívio semelhante às varandas da arquitetura popular. A estrutura do alpendre e das janelas principais são de betão armado. No seu interior são utilizados materiais processados industrialmente de origem mineral ou natural, como estuque pintado, telha e contraplacado de madeira (paredes e tetos), ladrilhos hidráulicos e soalho de madeira (alcovas). As casas adaptam-se ao grande desnível através de socalcos que no espaço interior configuram dois meios pisos.

Quinta Joanamigo

A Quinta Joanamigo (1962) de Alfredo Matos Ferreira (1928-2015) situa-se em Barca de Alva, no Vale do Douro e é constituída por dois núcleos, uma casa de férias e um conjunto de instalações agrícolas. Destaca-se o carácter integrado dos edifícios da quinta na paisagem, uma vez que foi construída com os materiais disponíveis à superfície do lugar de implantação. A casa de férias é construída com alvenaria de xisto, argamassas de barro e estrutura de madeira nos telhados. As exceções para os processos artesanais de construção são as janelas horizontais (garagem e mezanino) e a laje do forro da cozinha, ambas em betão armado. Os materiais exteriores possuem acabamentos rústicos, tal e qual são retirados da natureza, principalmente nas pedras de xisto empilhadas das paredes. No interior, são aplicados materiais amaciados, como estuque nas paredes, madeira nos tetos e ardósia no piso. A inclinação do terreno obrigou à construção de um terraço sobrelevado que permite organizar os vários acessos à casa, através de um alpendre a sul, de um pátio aberto a poente e de outro pátio, mais fechado, a norte.

Casa da Serra

A casa da Serra (anos 70) do arquiteto Luiz Alçada Baptista (1924-2008) localiza-se nas Penhas da Saúde, na Serra da Estrela a cerca de 1300 metros de altitude. Na construção da casa destacam-se as soluções construtivas que expõem os processos de construção vernáculas e os materiais autóctones. É uma construção de paredes de alvenaria de granito (45cm) com junta de argamassa de cimento e cobertura em estrutura de madeira de larício revestida com chapa metálica ondulada pintada na cor branca. O betão armado é utilizado para a construção das lajes dos pisos, da viga de cintagem das paredes exteriores e do beirado da cobertura. A integração na topografia do lugar é feita através de vários níveis que proporcionam a ligação da casa com o terreno circundante.



Figura 26
Estudos de caso na região norte de Portugal – de cima para baixo – Casas de Caminha; Quinta do Joanamigo e Casa da Serra.

A sul, os casos de estudo são representativos da influência do clima mediterrânico que é mais atenuado ao longo da costa atlântica e mais quente e seco no Algarve.

Casa de Albarraque

A Casa Albarraque (1961) do arquiteto Hestnes Ferreira (1931-2018) situa-se em Albarraque, perto de Lisboa. Perante a proximidade de Lisboa, a construção da casa revelou um pragmatismo construtivo que integrou a tradição construtiva da região com os processos e os materiais industriais. É construída com paredes de alvenaria de pedra e tijolo cerâmico com laje pré-fabricada de betão armado. O betão armado surge igualmente nas lajes dos pisos, nas vergas das janelas e nas caleiras dos telhados. Os acabamentos exteriores são de reboco de cal nas paredes e tijoleira cerâmica nos pisos. Os espaços interiores têm acabamentos em pintura de cal e azulejo nas paredes, madeira e mosaico hidráulico nos pavimentos e madeira maciça em forro nos tetos. A ligeira inclinação do terreno obrigou à construção de um piso térreo elevado que configura um pátio orientado a sul em torno do qual se organizam todos os espaços da casa.

Casa de Vila Viçosa

A casa de Vila Viçosa (1963), dos arquitetos Nuno Portas (nascido em 1934) e Nuno Teotónio Pereira (1922-2016), localiza-se na região do Alentejo. Nesta casa os materiais industriais são combinados com materiais locais fazendo com que haja um verdadeiro processo de fusão entre os processos de construção industriais com os artesanais. A superestrutura é erguida com paredes de alvenaria de pedra mármore (das escombreiras) e estruturas de betão armado. As lajes de piso e cobertura são de betão armado. As paredes exteriores são duplas com caixa-de-ar não ventilada. Os revestimentos e acabamentos seguem uma matriz regional com destaque para as pedras e os pavimentos cerâmicos. As paredes exteriores são caiadas na cor branca e têm uma faixa de cor aplicada no lambrim e em todos os elementos exteriores de betão descofrado. A casa implanta-se com uma certa naturalidade relativamente à topografia preexistente no lugar, através de pátios e espaços ajardinados que ligam os vários níveis da casa às três ruas que lhe dão acesso.



Figura 27

Estudos de caso na região sul de Portugal – de cima para baixo – Casa de Albarraque; Casa de Vila Viçosa e Casa Keil do Amaral.

Casa Keil do Amaral

A Casa Keil do Amaral (1959) do arquiteto Francisco Pires Keil do Amaral (n. 1935) situa-se em Alporchinhos, Algarve. É construída com paredes de alvenaria estrutural e cobertura plana de betão armado. Os espaços interiores são revestidos com reboco de cal nas paredes e tetos, e cerâmica nos pavimentos. A casa mostra a influência direta dos “elementos de valorização”, conforme a designação dada pelos arquitectos do Inquérito correspondente à introdução da cor e do ornamento na arquitetura popular, nomeadamente, na faixa superior colorida que remata a casa e termina numa voluta e na chaminé de cerâmica. O pátio circular de entrada da casa organiza um espaço de transição definido por um muro alto que o protege dos ventos predominantes e da forte insolação poente que se faz sentir junto à costa. Neste pátio existe ainda uma cisterna para recolha de águas pluviais e a escada de acesso ao terraço, com o nome popular de “Açoteia”. A casa foi implantada numa falésia sobre o mar, tendo o cuidado de preservar um fragmento de paisagem autóctone do ponto de vista morfológico, mineral e vegetal.

4. Levantamentos experimentais

Nos diferentes casos de estudo fizeram-se levantamentos experimentais aos valores da temperatura ambiente e humidade relativa para as duas estações de referência, de inverno e verão de modo a avaliar o conforto térmico em termos quantitativos, tendo-se concluído que as habitações descritas no artigo estão bem adaptadas para estação de verão por terem uma forte inércia térmica, envidraçados sombreados e ventilação natural, enquadrando-se justamente no paradigma contemporâneo da casa eficiente. No inverno, pelo contrário, a inexistência de ganhos solares significativos provenientes do quadrante sul e, principalmente, a falta de isolamento térmico de paredes exteriores e envidraçados de caixilharias de madeira e vidro simples é insuficiente quando comparado com os requisitos de eficiência energética e de conforto atuais. Para ilustrar estas conclusões apresenta-se o exemplo da Casa de Vila Viçosa, projetada para habitação permanente ao longo de todo o ano, que registou a variação das temperaturas exteriores e interiores da casa em agosto a fevereiro de 2012 por via de medidores termo-higrométricos certificados.

Como se pode observar no gráfico correspondente aos meses de agosto e de fevereiro, representativos do regime de verão e de inverno, respetivamente, a variação da temperatura no interior da casa revela um comportamento típico de uma construção com forte inércia térmica, isto é, cuja amplitude térmica das temperaturas máximas e mínimas é estreita, demonstrando que a resposta térmica da casa em regime de verão é excelente, variando entre os 25 e 28°C, enquanto no inverno é deficitária, na ordem dos 12 a 15°C.

A confirmar as abordagens analíticas e experimentais deste estudo, os habitantes da casa referiram que no verão se sentiam confortáveis, mesmo nos dias mais quentes, e que no inverno a casa era fria, necessitando de aquecimento auxiliar para obter conforto.

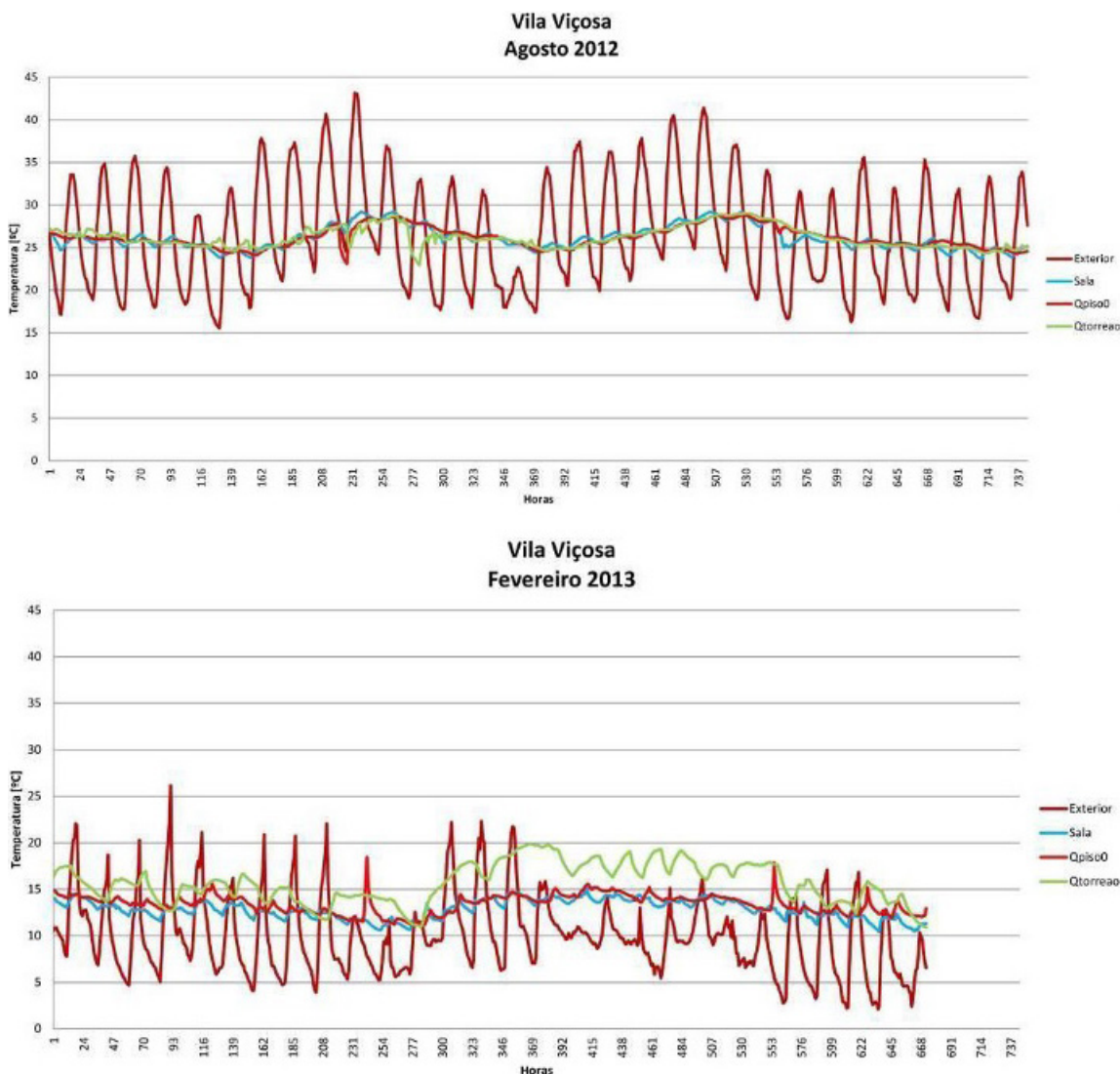


Figura 28

Gráfico - Temperaturas durante o mês de agosto (1 - 31) e fevereiro (1 - 28) registadas no exterior e na sala de estar, quarto principal do nível intermédio e “torreão”.

5. Conclusão: Projetar com clima na arquitetura portuguesa: entre o “Inquérito à Arquitetura Regional Portuguesa” e a Revolução de Abril, 1955-1974

Nos seis casos de estudo descritos no artigo salientou-se a adoção de estratégias passivas de adaptação climática face às características geográficas do lugar, que podem ser referenciadas a um conjunto de medidas que foram implementadas no projeto e na obra das casas, como da forma, da construção e do modo de habitar as casas.

Nas medidas relacionadas com a forma, destaca-se a matriz formal vernácula, simultaneamente setentrional e meridional, características dos climas temperados de matriz mediterrânea (Serra, 2004). Assim, a forma “geométrica fragmentada” (Tostões, 1997) de todas as casas respondeu à necessidade de adaptá-las a todo o espectro de tipos de clima, seja no registo sazonal de Invernos frios ou de verões quentes e secos, seja no registo diário de clima variável, nas estações intermédias que se fazem sentir em Portugal continental.

As medidas adotadas têm uma correspondência com as formas vernáculas, em especial no hermetismo da construção patente em quase toda a arquitetura popular do território português, e que foi observado nos casos de estudo.

A matriz construtiva também se regista na construção pesada e nos pés-direitos elevados dos espaços, que possibilitam que haja estratificação de temperaturas e ventilação por tiragem térmica. Acrescem outras influências do vernáculo relativas aos valores formais abordados no início do artigo, nomeadamente a adaptação à topografia dos pavimentos interiores e o modo aditivo segundo o qual as construções crescem.

Nas medidas relacionadas com os aspetos construtivos destaca-se a integração das tecnologias e materiais provenientes da construção artesanal com origem na arquitetura popular. Na construção artesanal destacam-se os sistemas construtivos associados à disponibilidade regional dos materiais existentes no local das casas, no norte de Portugal a pedra e a madeira, e no Sul, a cal e os cerâmicos. Também se destaca o grau de transformação dos materiais, que procurou conservar as texturas e acabamentos próximos ao seu estado original, e o baixo nível de industrialização mecânica através do uso significativo de mão-de-obra humana, ocorrendo maior incorporação de tecnologias artesanais e materiais endógenos que são mais evidentes nos locais mais isolados quando se deu a sua construção (Quinta Joanamigo e Casa Keil do Amaral). Na construção industrial destaca-se que os sistemas industrializados melhoraram o desempenho funcional da construção, nomeadamente na segurança sísmica, através de cintas de betão armado construídas sobre paredes de alvenaria maciça, que aumentaram a resistência ao fogo e a proteção dos agentes atmosféricos, em particular nas coberturas. Por outro lado, os sistemas de construção industrial proporcionaram a espacialidade moderna dos grandes espaços de sociabilização das casas, através da construção de lajes de betão armado (Casa Keil do Amaral), laje pré-fabricada de betão (Vila Alcina, Albarraque) ou de laje de madeira (Joanamigo). Destaca-se ainda que foram evitados elementos estruturais isolados, como os pilotis modernos ou as janelas horizontais, excetuando alguns envidraçados na Quinta do Joanamigo e nas casas de Caminha, que tiveram reflexos na expressão arquitectónica das casas, associando-as a uma matriz “moderna vernácula” (Frampton, 2015). Destaca-se igualmente que o desempenho térmico da construção foi melhorado através da aplicação de materiais de isolamento térmico, naturais ou sintéticos, quer em paredes quer em coberturas, por exemplo, na parede dupla com caixa-de-ar (Joanamigo) e na manta de lã de rocha na cobertura (Casas de Caminha e Joanamigo).

Nas medidas relacionadas com os aspetos da utilização das casas destaca-se o nível de adaptação dos habitantes das casas às variações do clima ao longo do ano e dos dias, no que respeita à alteração das condições de conforto, quer pessoal quer ambiental, ativando dispositivos da arquitetura, como abrir ou fechar portadas, ou venezianas, para a sombrear, abrir janelas para ventilar as casas para arrefecimento passivo no verão, ou deixar o sol entrar no inverno, por exemplo. Salienta-se que a adoção de medidas de conforto adaptativo (Matias, 2010) está diretamente associada à informação transmitida aos habitantes das casas, por parte dos arquitetos autores dos projetos.

Finalmente, outro aspeto que deve ser acentuado refere-se à falta de conhecimentos técnicos e científicos da parte dos arquitetos nomeados neste artigo, relativos às questões da adaptação climática da arquitetura, uma vez que nos anos 60, do séc. XX, a produção cien-

tífica dirigida para essa questão era escassa, e, também, por não ser um tema debatido no seio da classe dos arquitectos portugueses; por exemplo, Hestnes Ferreira foi o único dos arquitectos entrevistados que tinha conhecimento do trabalho dos irmãos Olgyay (Olgyay, 1963) e Alfredo Matos Ferreira o único que falou da casa “Hemiciclo Solar”, construída em 1943 por Frank Lloyd Wrigth. Assim, é natural que os arquitectos mais empenhados nas questões do conforto e da arte de bem construir tenham seguido com intuição as construções vernáculas, como fonte de conhecimento sobre a adequação dos edifícios aos climas regionais.

A concluir pode-se afirmar, por um lado, que as medidas adotadas pelos arquitectos na adaptação climática das várias casas analisadas, inscrevem-se nos atuais paradigmas da arquitetura bioclimática, e por outro, que as medidas endereçadas para a estação do Verão mereceram especial cuidado, mais do que as do Inverno (Gonçalves e Graça, 2004). No inverno, pelo contrário, nota-se que a falta de isolamentos térmicos nos elementos da envolvente exterior, de envidraçados duplos e a deficiente área de envidraçados para captação solar orientados a sul são os principais motivos para o desconforto no Inverno. Considera-se, assim, numa perspectiva contemporânea, que os arquitectos das várias casas se inspiraram na arquitetura vernacular e, por esse motivo, integraram as condicionantes climáticas regionais com o emprego dos processos artesanais de construção, dando assim lugar a habitações unifamiliares destacáveis pela sua construção integrada, eficiente e sustentável, e que hoje em dia podem ser tidas como exemplo a seguir na solução dos problemas contemporâneos relacionados com o conforto e a eficiência energética, por um lado, e com a construção ecológica e a arquitetura sustentável, por outro.

2.2 O legado do parque edificado no arquipélago dos Açores

FRANCISCO FERNANDES

LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, LREC

A diversidade do território no arquipélago dos Açores, constituído por nove ilhas, num ecossistema geográfico variável, resulta em domínios arquitetónicos distintos, ainda que com muitas semelhanças, sobretudo nos seus sistemas construtivos e na predominância da utilização da pedra vulcânica na construção tradicional.

Constata-se uma influência entre ilhas, consoante a sua maior ou menor proximidade, sendo que a origem dos seus povoadores provoca diferenças observáveis no edificado, na medida da disponibilidade de materiais e na adaptação à geografia e clima de cada local.

O parque edificado no arquipélago dos Açores é caracterizado por uma diversidade arquitetónica que reflete, não apenas as diferentes fases históricas da região, mas também a adaptabilidade às condições climáticas únicas deste arquipélago.

Composto por edifícios que variam desde construções tradicionais até estruturas modernas, o panorama arquitetónico dos Açores reflete a evolução ao longo dos séculos e acompanha a evolução do país neste âmbito. A arquitetura popular dos Açores reinterpreta os modelos de habitação dos colonizadores e de soluções construtivas do território continental, adaptadas e reinventadas em função das diversas condicionantes insulares, que determinaram formas e modelos de tipologia originais.

No contexto mais contemporâneo, os edifícios em geral incorporam princípios de sustentabilidade ambiental, ao nível da localização, na escolha dos materiais, na minimização do consumo, eficiência hídrica e energética. A crescente consciência ambiental levou a um crescente uso de tecnologias e materiais que visam reduzir o impacto ambiental, referente à construção, mas também ao uso dos edifícios, especialmente considerando a beleza natural ímpar das ilhas.

Não existem dados que permitam efetuar uma análise detalhada do comportamento e eficiência energética dos edifícios existentes no arquipélago. No entanto, é possível efetuar uma análise com base na implementação da regulamentação de eficiência energética, tendo por objetivo analisar o seu desempenho enquanto edifícios construídos em épocas em que não existia regulamentação relacionada com esta temática.

Como se pode observar na figura 29, à data da realização dos últimos Censos em 2021, Portugal possuía um total de 3.573.416 edifícios, observando-se que a maioria (66%) foram construídos antes de 1990, previamente à publicação da primeira legislação referente à eficiência energética dos edifícios. Este fator torna-se de especial importância para a caracterização energética do parque habitacional, uma vez que as habitações deste período, mais antigas, revelam maior necessidade de intervenções de reabilitação, nomeadamente na envolvente dos edifícios, responsável pela maior fatia de perdas de energia.

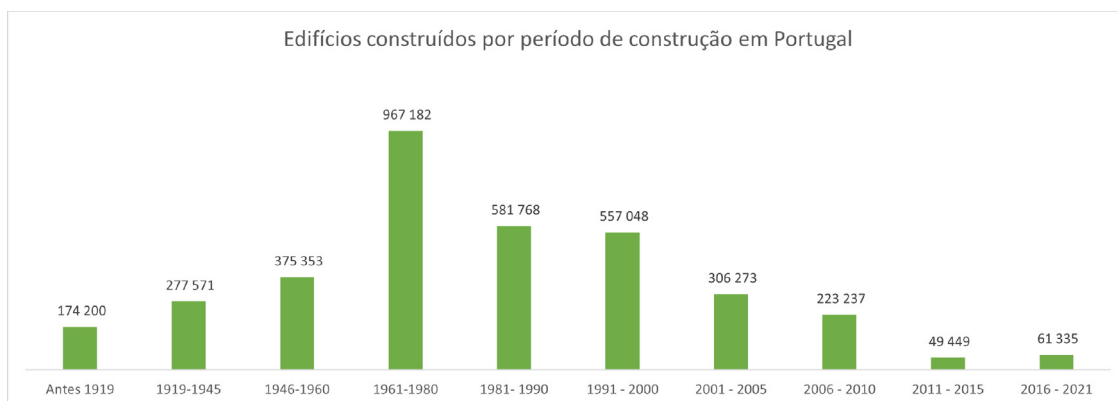


Figura 29
Número de edifícios construídos por período de construção em Portugal (Dados INE recenseamento 2021).

Será conveniente ressaltar que, apesar de uma grande parte dos edifícios ter sido construída em períodos de inexistência de regulamentação térmica, parte já foram alvo de reabilitação e consequente melhoria da eficiência energética, seguindo a regulamentação em vigor.

Ao analisar os dados atuais de Certificação Energética de Edifícios constata-se que dos 1.992.875 Certificados Energéticos (CE) emitidos, 1.595.545 (80%) respeitam a edifícios existentes, mas apenas 93.605 (4,7%) são relativos a operações de reabilitação e renovação, o que demonstra a quantidade significativa de edifícios que precisam de adaptações às novas exigências de conforto térmico e energético.

Numa outra perspetiva observa-se pela figura 30 que o parque habitacional português alvo de certificação energética apresenta ineficiência regulamentar, uma vez que a maioria dos edifícios (64,6%) foram classificados na classe energética C ou inferior.

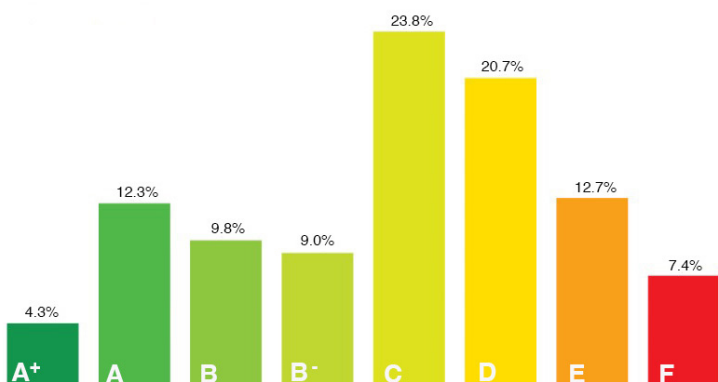


Figura 30
Distribuição de certificados emitidos por classe energética em Portugal (Dados Portal SCE novembro 2023).

Ao fazer a análise da realidade açoriana verifica-se que 62% dos 100.478 edifícios construídos até à data de realização dos últimos Censos em 2021, foram concluídos antes de 1990. Se considerarmos o facto de que a obrigatoriedade de emissão de Certificado Energético (CE) nos Açores teve início em 2010, apenas 6.029 (6%) edifícios foram construídos e certificados à luz da regulamentação de eficiência energética.

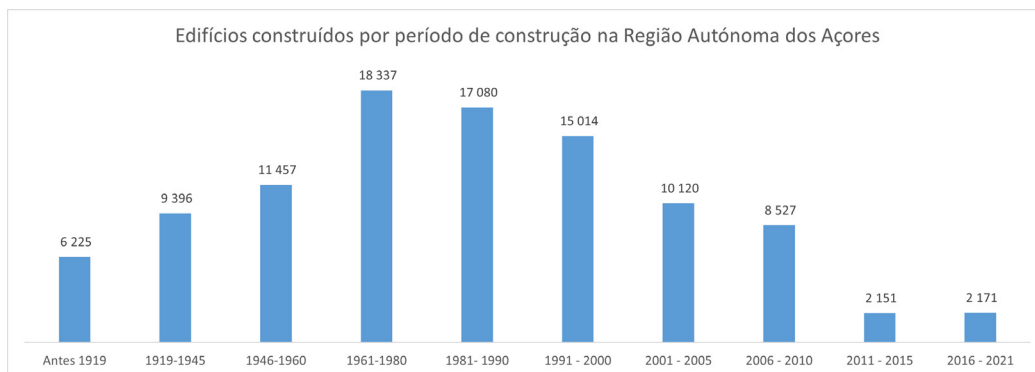


Figura 31
Número de edifícios construídos por período de construção nos Açores (Dados INE recenseamento 2021).

Na figura 31 podemos observar o número de edifícios construídos por ilha ao longo dos vários períodos temporais.

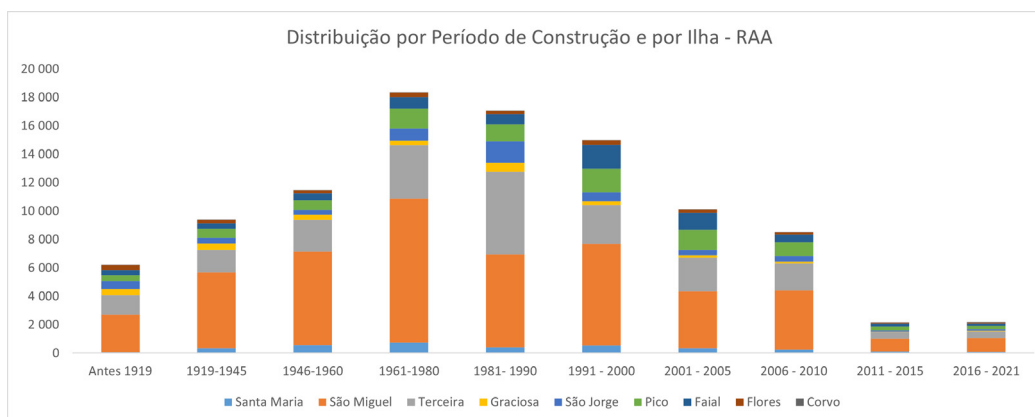


Figura 32
Edifícios construídos por ilha e por período de construção nos Açores (Dados INE recenseamento 2021).

Ao analisar os dados atuais do Portal da Energia constata-se que dos 25.407 CE emitidos, 17.632 (69,4) respeitam a edifícios existentes (ou seja, certificados emitidos quando da transação destes imóveis), mas apenas 2.120 (8,3%) são relativos a operações de reabilitação e renovação, o que demonstra, também a nível da Região Autónoma dos Açores, a expressiva quantidade de edifícios que necessitam de adaptação às novas exigências de conforto térmico e energético.

Numa outra perspetiva observa-se pela figura 33 que o parque habitacional dos Açores alvo de certificação energética revela uma baixa eficiência energética regulamentar, uma vez que a maioria dos edifícios (55,3%) foram classificados na classe energética C ou inferior.



Figura 33
 Número de certificados emitidos por classe energética nos Açores (Dados Portal da Energia | DRE 2023).

Avaliando o estado de conservação dos edifícios do arquipélago, verifica-se que 34,6% necessitam de alguma reparação. São 34.726 edifícios que necessitam de obras de reparação, podendo uma larga percentagem ser resolvidos com intervenções nas envolventes opacas e envidraçadas.

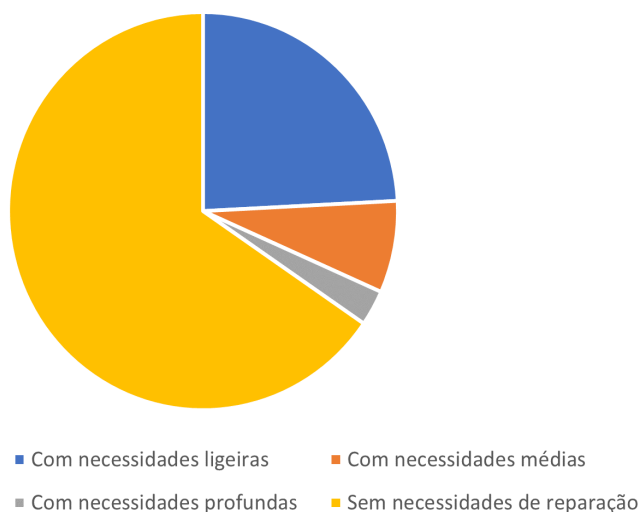


Figura 34
 Estado de conservação dos edifícios nos Açores (Dados INE recenseamento 2021).

Por outro lado, uma edificação em bom estado de conservação segundo critérios do INE, não significa que tenha elevado desempenho energético. Verifica-se, portanto, que nos Açores o parque edificado em geral (65,4%) tem um bom estado de conservação, sem, contudo, que isso assegure que consuma pouca energia.

Observando o peso dos alojamentos de residência habitual com ar condicionado, poderíamos obter um amortecimento, não eficiente, mas eficaz, do efeito da percentagem significativa de edifícios existentes sem intervenções ao nível

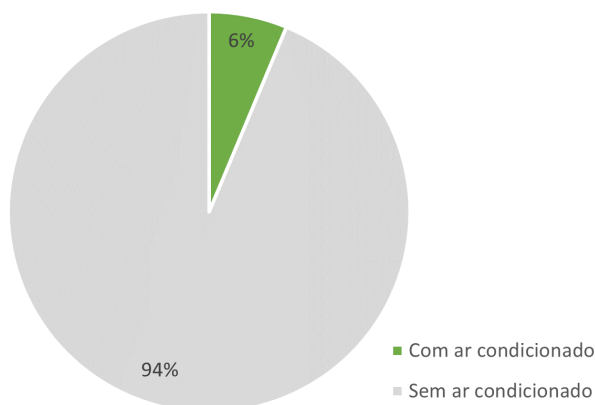


Figura 35
Distribuição alojamentos de residência habitual nos Açores com ar condicionado (Dados INE 2021).

da eficiência energética. Este contributo poderia igualmente trazer melhorias de conforto térmico através da redução do teor de humidade no interior dos edifícios. Porém, a reduzida percentagem de alojamentos com ar condicionado (6%) torna este contributo residual.

O Regime Excepcional da Reabilitação de Edifícios (RERE) aprovado em 2014 (Decreto-Lei n.º 53/2014, de 08 de abril, alterado pelo DL n.º 194/2015, de 14 de setembro), e revogado em 2019 (Decreto-Lei n.º 95/2019, de 18 de julho), permitiu que num período de 6 anos fosse possível realizar operações de reabilitação urbana e de edifícios com critérios simplificados.

Apesar deste regime excepcional ter dinamizado o mercado imobiliário e incentivado a renovação urbana numa altura de crise económica e no setor da construção, provocou uma reabilitação menos eficaz, e com menos benefícios ao nível da eficiência energética e conforto térmico.

Da breve análise efetuada neste subcapítulo, o parque habitacional recenseado no Arquipélago dos Açores é composto por edifícios construídos, maioritariamente (62%), em data anterior à da entrada em vigor da primeira regulamentação energética nacional.

As freguesias com maior densidade de edifícios de habitação, alojamentos e ocupantes situam-se nas principais cidades dos grupos Central e Oriental do Arquipélago. No grupo Central destacam-se as freguesias da cidade da Horta (ilha do Faial) e das cidades de Angra do Heroísmo e Praia da Vitória (ilha Terceira). No grupo Oriental destacam-se as freguesias das cidades de Ponta Delgada e Ribeira Grande (ilha de S. Miguel).

Sobre os novos fatores de vulnerabilidade apurados no Questionário de Edifício dos Censos 2001 e posteriormente em 2021, ressalta que cerca de 35% dos edifícios do parque habitacional necessitam de obras de reparação, contrastando com os 65% de edifícios que aparentemente se encontram em bom estado de conservação.

Comparando a análise agora efetuada ao parque habitacional do território nacional, conclui-se que o parque habitacional açoriano possui uma maior percentagem de edifícios construídos após a introdução da primeira regulamentação energética em Portugal (38% nos Açores e 34% em Portugal Continental).

A análise efetuada ao legado energético do parque edificado no arquipélago dos Açores permite concluir que a grande maioria dos edifícios existentes foi construída em épocas não abrangidas pela regulamentação térmica e que, apesar da renovação e reabilitação urbana ocorridas, a maioria não é energeticamente eficiente, de acordo com o SCE.

Este condicionalismo beneficia e vê o seu impacte reduzido pelo facto de a Região Autónoma dos Açores possuir um clima temperado e termicamente ameno. Segundo o Relatório do Estado do Ambiente dos Açores, no geral o clima dos Açores é temperado marítimo, o que se reflete pela baixa amplitude térmica, elevadas pluviosidade e humidade relativa e ventos persistentes. Ainda segundo o mesmo Relatório, a temperatura média anual de todo o arquipélago junto à costa é de aproximadamente 17,5°C, sendo a temperatura média mensal mais elevada registada em agosto (22,0°C) e a mais baixa em fevereiro (14,5°C), nas mesmas condições de altitude. Estes valores diminuem em altitude à razão de 0,9°C por cada 100 m, até aos 400 m, e de 0,6°C no mesmo intervalo de altitude a partir dos 400 m (REAA, 2017).

A análise do ciclo de vida dos produtos de construção desempenhará um papel essencial e de crescente importância, onde o contributo da energia incorporada de um edifício, ou seja, o consumo de energia na fase de construção ou reabilitação e a própria eficiência dos materiais, serão cada vez mais importantes. Ao considerarmos, adicionalmente, o contributo da redução do consumo de energia de origem fóssil na fase de uso do edifício, quer pela maior eficiência energética e redução das necessidades energéticas dos edifícios, quer pela introdução progressiva de fontes de energia renováveis, caminharemos para edifícios mais sustentáveis e confortáveis ao nível energético.

Em todo este processo deverá o parque habitacional, no fim de vida dos seus componentes, ser considerado como um banco de materiais que estarão à disposição em futuras construções ou operações de reabilitação. O conhecimento pormenorizado de todos os materiais e componentes de um edifício bem como as suas características ambientais e energéticas alavancarão este contributo. Documentos como o Passaporte de Materiais e a Declaração Ambiental de Produto, associados a uma digitalização de todo o processo, através de modelação BIM, permitirão uma mais eficaz e circular utilização e adequação energética destes materiais em futuras construções.

Como exercício futuro seria interessante efetuar uma análise energética às tipologias de edifícios construídos entre 1961 e 2000, os quais representam metade do parque edificado açoriano, e perceber a sua adequabilidade às condições climatéricas do arquipélago, bem como as suas necessidades e possibilidades de melhoria para o cumprimento da atual regulamentação energética, ou pelo menos, para uma melhoria do seu conforto.

2.3 Ação climática no âmbito da prática da arquitetura: princípios ou procedimentos?

RICARDO CAMACHO

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA E COMISSÃO TÉCNICA PARA A SUSTENTABILIDADE DA ORDEM DOS ARQUITECTOS

1. Introdução

No arquipélago dos Açores, à semelhança do que aconteceu no continente, no âmbito do esforço de modernização do ambiente construído ¹, o isolamento [térmico, acústico e hidrófugo] tornou-se um agente físico e conceptual preponderantemente ativo em hábitos, estratégias e abordagens definidoras do projeto de arquitetura e de consequentes práticas construtivas.

Entre arquitetos, empreiteiros e promotores, a crença no isolamento como garante de bom desempenho energético², tem eventualmente construído uma perceção limitada das regras bioclimáticas dentro da prática da arquitetura³, colocando-a cada vez mais longe de uma cultura de construção resultante da dinâmica da relação entre homem, energia e natureza (Moura, 2007).

1 Modernização é aqui entendida como uma vontade subjetiva ou a ação que impulsiona a transformação de uma condição existente, como a intervenção no ambiente construído, impulsionada pela alteração de padrões e expectativas de conforto humano. Condição que precipita uma hibridação cultural para lá do desenvolvimento humano, e com relevante impacto no ambiente construído, baseada em "ideologias do progressismo" (Bhabha, 2007).

2 Entenda-se por "desempenho energético" a descrição e critérios estabelecidos nos regulamentos do desempenho energético dos edifícios, e em particular na Portaria 138-I/2021, de 1 de julho, que estabelece coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos dos elementos da envolvente opaca dos edifícios de habitação, indicando valores específicos para a Região Autónoma dos Açores. Estes só se aplicarão quando for adotado nesta Região Autónoma o DL101-D/2020.

3 Entre os primeiros autores a definir o âmbito e natureza de um "projeto bioclimático", os irmãos Olgyay de forma não científica atribuem à obra de arquitetos como F.L. Wright, Aalto e Gunnar Asplund, entre outros, competências de uma arquitetura orgânica que procura responder a especificidades do clima e características ambientais do local (Olgyay, 1963); A crise energética de 1970s e as alterações na formação do arquiteto promoveram uma prática consciente da energia do desenho solar passivo e ativo orientado para a redução do consumo de energia nos edifícios e o uso de fontes renováveis de energia (Mazria, 1979); Com o relatório da comissão Brundtland (*Our Common Future*, 1987), a sustentabilidade assumiu-se como preocupação global, e a redução de carbono motivou processos de projeto determinados por parâmetros quantitativos, nomeadamente edificações de balanço energético quase zero, zero e positivo, entre outros que exigiam a avaliação de um edifício em todas as suas etapas de projeto, construção e uso/operação (McDonough & Braungart, 2002). Deste então terminologias como "arquitetura bioclimática", "arquitetura ambiental [ecológica]", e/ou "arquitetura sustentável" são frequentemente utilizados para qualificar preocupações no âmbito do projeto e construção de edifícios de forma a atingir a eficiência energética e o conforto ambiental em diferentes escalas de impacto (Barber, 2009).

Para lá do âmbito científico da prática de arquitetura bioclimática, importa entender a consciência ‘ambiental’, e também ‘climática’, na tradição da construção no arquipélago dos Açores. O entendimento de ambas, é hoje centrado na aplicação de sistemas ativos e metodologias de controlo térmico de um edifício com base na competência dos materiais de construção utilizados, como o próprio isolamento. Posição que justifica uma tradição evolucionista na construção civil, libertando a obra, assim como todos os seus intervenientes, de responsabilidade face à urgência e complexidade de uma agenda para a redução das emissões de gases com efeito de estufa, ou carbono equivalente⁴, desconsiderando decisões de projeto como a tipologia de ocupação e organização do espaço; e omitindo qualquer julgamento ou consideração face à extração, transformação, transporte, aplicação, e futura conservação, remoção e substituição dos materiais empregues na obra. Neste âmbito, para entender a prática da arquitetura corrente devem compreender-se os procedimentos de projeto e obra⁵, assim como as permanências do ambiente construído⁶.



Figura 36

Imagem recolhida durante o workshop de construção em madeira de criptoméria aberto a arquitetos, designers e carpinteiros entre os 18-35 anos, Trilho da Estrada Real, Vila Franca do Campo, Festival Walk&Talk, 2017 (o conjunto de construções temporárias, resultado do workshop, permaneceu no local até setembro de 2019). Fotografia de Filipa Couto, cortesia de anda&fala.

2. Procedimentos

O registo acumulado de princípios e procedimentos da arquitetura é sempre aceite como ponto de partida, como linguagem comum (Allen, 2009). A consciência e tradição definem costumes e formas de fazer, entre o projeto e a obra, às quais o arquiteto reage quase sempre entre o genérico e o específico, ou seja, entre a abstração total do sítio a intervir,

4 Mais acerca das causas e consequências determinantes para uma agenda na prática da arquitetura ambientalmente consciente, assim como da importância que esta pressupõe para o recurso à bioclimática como metodologia e estratégia de projeto, no artigo deste guia "1.1 Arquitetura e clima em mudança".

5 De acordo com Stan Allen a ideia de arquitetura como técnica representa uma convicção de que os procedimentos da arquitetura quando combinados com a materialidade, constituem uma matriz cultural capaz de sustentar um denso argumento intelectual sem recorrer a conceitos e linguagem emprestados de outros campos disciplinares. Para legitimar os seus procedimentos mecânicos, a prática apela ao projeto como "construção teórica abrangente, definida a partir de algum lugar diferente do atelier ou do estaleiro de construção, e expressa num meio diferente dos edifícios e do próprio desenho (...) [para] compensar o que falta à prática: conferir unidade aos procedimentos extremamente díspares de conceção e construção" (Allen, 2009)

6 De acordo com Hilary Sample, cofundadora da prática de arquitetura MOS, a permanência da arquitetura dependente da manutenção da obra (edifício), que atribuiu, também, ao âmbito de projeto. Afirma que o valor estético do ambiente construído (paisagem e edifícios) depende da sua manutenção: "É tempo de repensar a relevância do impacto da manutenção na prática contemporânea de arquitetura, produção de imagem, representação e cultura em geral". Usa como exemplo a pirâmide do Louvre (Pei Cobb Freed & Partners, 1989), onde "a ausência de trabalhadores a limpar a fachada de vidro da pirâmide confere uma imagem de permanência" à arquitetura (Sample, 2016).

e programa a edificar, e a antevisão de uma imagem de permanência dos diferentes elementos projetados - que muitas vezes compreende a total transformação das condições pré-existentes.

A paisagem do arquipélago dos Açores compreende, para além do seu valor patrimonial e recursos naturais, uma herança cultural e material do passado. O reconhecimento do parque edificado, dos hábitos e tradições de uso, permanência e habitar são uma competência local cujo valor requer a maior atenção e apreciação no âmbito do processo de projeto. Para que este se revele eficiente, e até mesmo climaticamente adaptado, é essencial entender, da geografia à cultura, a complexidade do uso das edificações e dos espaços urbanos. A dinâmica do conforto humano é claramente condicionada pelo uso, pela sua historicidade e pelo momento específico no ciclo de vida de um edifício, dos seus materiais e equipamentos.

A capacidade de intervir no meio, entre o ambiente construído e não edificado, adaptando para o conforto e mitigando impactes, através da eficiência e redução de consumo de energia e materiais, implica o conhecimento e a interação com diferentes elementos - infraestrutura natural e urbana, edifício, material, sistema de construção - e com o seu entorno durante o ciclo de vida⁷. Esta abordagem pressupõe uma tomada de decisão por parte do arquiteto perante a encomenda e procedimentos de projeto e obra, num território como o Arquipélago dos Açores, e em particular de cada uma das suas ilhas.

De acordo com o Secretário Regional da Agricultura e do Desenvolvimento Rural, 99,6% do território dos Açores é caracterizado por um ambiente de predominância rural⁸. Neste contexto, as diferentes escalas de decisão entre o ordenamento do território e o ambiente construído, deverão compreender medidas de eficiência ambiental, suportadas por políticas regionais para lá da promoção de uma estratégia de mitigação dependente da eficiência energética de edifícios, e outras fontes de consumo energético e emissões atmosféricas preponderantes em ambiente urbano, conduzindo uma efetiva relação com o meio rural e com o clima atual e futuro. Procedimentos, que colocam diferentes desafios à definição dos critérios para uma arquitetura adaptada a sistemas de classificação universalista da informação da construção, nomeadamente performance de materiais e ciclos de vida.

Ou seja, a eficiência energética de edifícios nos Açores é insuficiente para que os arquitetos e a indústria da construção civil possam reclamar para si uma consciência ambiental. Perante esta complexidade, e dada a importância que os materiais de construção impõem a ambos, o reconhecimento imediato da relevância dos circuitos de extração, produção, transformação, e posterior ciclo de vida, dos materiais utilizados na construção corrente é fundamental⁹.

7 Entenda-se aqui como ciclo de vida não apenas o de um edifício, mas também o dos próprios materiais e componentes, da sua extração à aplicação, manutenção, conservação e substituição.

8 Afirmção do Secretário Regional da Agricultura e do Desenvolvimento Rural, António Ventura, com base na caracterização das freguesias em meio rural, nomeadamente os resultados dos últimos Censos de 2021 referentes à população residente. Obtido em novembro 27, 2023, de <https://portal.azores.gov.pt/web/sradr>

9 Em abril de 2023 a Assembleia Legislativa da Região Autónoma dos Açores aprovou uma moratória à mineração no mar dos Açores até 2050. Obtido em novembro 27, 2023, de <https://www.parlamento.pt/ActividadeParlamentar/Paginas/DetailIniciativa.aspx?BID=131763>

No entanto, em Portugal, o universo de referências à prática da arquitetura continua mais próximo de um ambiente construído nas grandes cidades, ou na sua extensão¹⁰, aceitando por defeito a necessidade de trazer 'de fora' os recursos materiais e humanos e ignorando o ambiente rural. Um contexto económico, social e cultural, que Adérito Sedas Nunes (1928-1991) reconhece em meados do século passado como dualista e discriminatório (Nunes, 1964), e que continua presente no território continental, observado por Álvaro Domingues (1959-) como híbrido (Domingues, 2017,2021). Sedas Nunes descreve um ambiente infeccioso onde as "noções e técnicas que a educação transmite, atitudes e aspirações que são adquiridas através do contato (...) [com] centros de maior concentração, insinua-se de muitas maneiras na sociedade tradicional (Nunes, 1964). Num território com as especificidades do arquipélago açoriano, esta imposição externa foi determinante para a consolidação de uma agenda esterilizada, 'transferida' do continente, que Inês Vieira Rodrigues considera improlífica, questionando a subserviência da prática da arquitetura aos procedimentos, e políticas, centrados na infraestrutura, contrariando a predominância da estrutura orgânica do meio rural (Rodrigues, 2016).

No presente, as nuances entre território e procedimentos, de projeto e obra, sugerem um ambiente construído com limites ténues, não só entre o urbano e o rural, mas também entre edifício e a sua envolvente, diluídos no uso, função e programa. Num território insular como os Açores, considerado um dos territórios mais marginalizados do País na segunda metade do século passado (Ferrão & Jensen-Butler, 1988)¹¹, as diferentes narrativas de construção e planeamento de identidade e tradição tomaram direções diversas, ambíguas, e eventualmente contraditórias: a modernização da infraestrutura urbana em pequenos núcleos, como descreve Vieira Rodrigues acerca de Rabo de Peixe, e a celebração de uma cultura de construção fundamentalmente rural (Caldas, 2000). Ambas, hoje, combinadas na resposta da produção regional de arquitetura numa variedade de projetos, estão expostas no conjunto de obras selecionadas para o "Roteiro de Arquitetura dos Açores" (Almeida, 2023).

Esta seleção de obras revela um programa estético, centrado entre a experiência espacial do material e paisagem, que em muitos dos casos implica decisões de projeto também contraditórias, como a prevalência de uma hierarquia visual no processo de projeto comprometida com as vistas, e os elementos naturais do local (árvores e orografia), em detrimento de estratégias de ação climática, algumas provenientes da arquitetura bioclimática.

Esta agenda da prática da arquitetura revela no processo de construção de imagem uma outra sensibilidade ambiental, a da paisagem. E é nesta que pode residir a dimensão ecológica e política da arquitetura, sensível a todos, que deve ser ponderada no âmbito profissional da ação climática, entre arquitetos. Antes de quantificar a performance, e as medidas de eficiência energética, e adaptação ao clima, existem procedimentos básicos da ecologia da construção que carecem de definição e legitimação e à luz dos quais os recursos minerais devem permanecer no solo.

10 Referência a territórios de génese turística ou tipologias de recreação e lazer fora dos grandes centros urbanos como casas de fim-de-semana e/ou férias, e hotelaria.

11 Uma das "parcelas mais pobres do País, com forte presença de campesinato tradicional" com forte presença de campesinato tradicional e onde o surto emigratório alcançou, durante esta década [1960], grande relevo".



Figura 37
 Casa Rosa Muerta, de Arco Mais (Paulo Lima e Chiara Bettelli), Iha de São Miguel, 2014 - 2015. Fotografia de Paulo Goulart cortesia do 'Roteiro de Arquitetura dos Açores'.

3. Permanência

A ideia de permanência em arquitetura, resultado de motivações estéticas e ambientais (envolvente/conforto humano), como prescrita por Aldo Rossi (1931-1997) em *L'architettura della città* (1966), é ainda determinante nos procedimentos da prática da arquitetura atual. O seu conjunto de procedimentos confere uma unidade prática, mas provisória, que apenas a materialidade da obra consegue alcançar com a sua permanência no ambiente construído. A durabilidade da obra, e o uso dado no espaço e tempo, são parâmetros importantes no âmbito das ecologias da construção e do espaço urbano para que possamos quantificar impactes.

As questões conceptuais que a arquitetura deve considerar no âmbito da adaptação e eficiência ambiental e energética são uma prioridade para os arquitetos, antes de entrar na cientificidade de sistemas materiais, programação dos usos do espaço ou técnicas de construção (Moe, 2014). No entanto, todos estes conceitos surgem da necessidade de qualificar a condição humana, justificando a posição de que a arquitetura confere forma à sociedade e opera a interface desta com a natureza (e clima), revelando-se distinta de outra qualquer manifestação artística, ou mesmo científica (Rossi, 1982). Porém, como o próprio Rossi reconhece, a formulação de princípios de construção e edificação necessários à educação da arquitetura compreende uma conceção científica da mesma, obrigando ao levantamento e estudo de tipos, tipologias, elementos e sistemas, mas também da sua existência e permanência em sítios e eventos, situações e sociedade (Rossi, 1982).

O arquipélago dos Açores é um território onde a distância entre o arquiteto e a obra é determinante, assim como a adequação da obra à escala e dimensão de um sítio. Por conseguinte, os procedimentos para estabelecer a obra, bem como a sua conservação, reparação ou substituição tendem a ser encontrados através do projeto, mais do que em princípios transmissíveis. Neste âmbito, a par da reflexão e definição de procedimentos de projeto - incluindo o reconhecimento do sítio e a sua compatibilidade com o programa a edificar, assim como a procura de materiais disponíveis e respetivas técnicas e competências de construção, e de uma estratégia e/ou medidas de intervenção - ocorre uma primeira verificação da necessidade de utilizar um determinado material, sistema ou de manter uma determinada permanência.

Este processo seletivo de recolha de elementos constituintes e opções do projeto requer a compreensão das múltiplas dimensões da permanência da obra, para que possam ser integradas as diferentes vertentes da ação climática (mitigação de consumos e impactes e adaptação a riscos e vulnerabilidades). Ambos, conjugam decisões que se desdobram no âmbito da arquitetura entre o projeto e a obra, e como tal revelam dimensões de conceção e construção, preponderantes para a certificação, códigos, regulamentos e normas que lhes conferem uma legitimação externa.

4. Conclusão

A consciência do valor e dos efeitos de procedimentos e permanências no projeto de arquitetura confirmam uma mudança abrangente na prática da arquitetura, num contexto em que a experiência espacial e a interação com a paisagem se tornaram mais relevantes do que o essencial desempenho de material e tecnologia de construção.

Para entender a ação climática no âmbito da prática da arquitetura, o arquiteto necessita de exemplos e referências que reconhece no plano estético e formal, e não apenas de princípios. Este (re)conhecimento requer uma referência contínua a instâncias específicas de edifícios, dados, desenhos ou textos, resistindo à tentação de generalizar resultados sob a forma de projeto e obra. Em contrapartida, as práticas implicam uma mudança para o desempenho, prestando atenção às consequências e aos efeitos. Não ficando retidas no que significa um edifício, um texto ou um desenho, mas avançando no que este pode fazer no tempo e no espaço: como funciona no ciclo de vida e metabolismo de um território mais vasto, que no caso dos Açores se estende pelo mar adentro.

A prioridade deve estar em reconsiderar e refundar, no processo de projeto, a forma como pensamos sobre a necessidade de construir, os materiais com que construímos, a energia e recursos necessários à construção, e posterior demolição, e a relação de tais decisões e ações com o parque edificado, existente e novo. A produção de arquitetura em Portugal, ainda muito ligada à tradição da construção moderna, fundada na ideia de novo material para uma nova arquitetura, para se afirmar como ambientalmente consciente e sustentável deverá ser profundamente alterada – mas está ainda em aberto como concretizar essa alteração em geral e em particular nos diversos contextos regionais, como os insulares. O discurso da eficiência, centrado em processos de documentação, monitorização, digitalização e interfaces híbrido, entre a dimensão material e a quantificação energética e carbónica, tem se mostrado insuficiente para concretizar a transição ecológica em tempo útil, pelo que deve procurar correspondência nas políticas do território e práticas construtivas, manifestações e ações de quem constrói e quem encomenda a (re)construção.

Referências bibliográficas

1.1

- Attenborough, D. (2020) Uma vida no nosso planeta. O meu testemunho e a minha visão para o futuro. Lisboa: Temas e Debates
- Crutzen, P.J., Stoermer, E.F (2013) The Anthropocene How Can We Live in a World Where There Is No Nature Without People? In "Frontmatter". The Future of Nature: Documents of Global Change, New Haven: Yale University Press, 2013, pp. i-iv. https://doi.org/10.12987/9780300188479_fm
- Crutzen, P. J., Stoermer, E. F. (2021). The 'Anthropocene' (2000) in Paul J. Crutzen and the Anthropocene: A New Epoch in Earth's History. The Anthropocene: Politik. Economics. Society. Science, vol 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82202-6_2; disponível em: <https://rdoc.be/dsU4J>
- Cuchí, A.; Mourão, J.; Pagés, A. (2009) A framework to take account of CO2 restrictions on municipal urban planning. 45th Isocarp Congress «Low Carbon Cities»
- Ekonomou G., Menegaki A. N., (2023) The role of the Energy use in Buildings in front of Climate Change: Reviewing a system's challenging future, Energies, <https://doi.org/10.3390/en16176308>
- Georgescu - Roegen, N. (1996) [1951] La Ley de la Entropía y el proceso económico. Madrid: Fundación Argentaria
- Givoni, B. (1994) Passive and low energy cooling of buildings. New York: Van Nostrand Reinhold.
- IPCC (2022a) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change . Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009325844.
- IPCC (2022b) Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.
- Jackson, T. (2013) [2009] Prosperidade sem crescimento. Economia para um planeta finito. Lisboa: Tinta da China
- Kuhn, T. S. (2021) [1975] A estrutura das revoluções científicas. Lisboa: Guerra e Paz
- Latouche, S. (2007) Le pari de la décroissance. Paris: Librairie Arthème Fayard.
- Le Corbusier, Verso una Architettura (1984) [1966] Milano: Ed Longanesi & C
- Malterre-Barthes, C. (2021) The Devil Is in the Details - Who Is It That the World Belongs To?, in Non-Extractive Architecture- Designing without Depletion, ed. Space Caviar. Berlin: Sternberg Press.
- Margalef, R (1980) La biosfera, entre la termodinámica y el juego. Barcelona: Omega
- Marsh, G. P., (1965) [1866]: The Earth as Modified by Human Action (Cambridge, MA: Belknap Press, Harvard University Press).
- McArthur, E. (2019) The Virtuous Circle. Luxemburgo: European Investment Bank.
- Meadows, Do.; Meadows, De.; Randers, J.; Behrens, W. (1972) The Limits to Growth. Nova Iorque: Universe Books
- Michael, C. (2016) Interview: 'Lagos shows how a city can recover from a deep, deep pit': Rem Koolhaas talks to Kunlé Adeyemi, The Guardian, 26 de fevereiro de 2016.
Disponível em: <https://www.theguardian.com/cities/2016/feb/26/lagos-rem-koolhaas-kunle-adeyemi>
- Moita, F (2010) Energia Solar Passiva. Lisboa: Argumentum
- Naredo, J. M. (2003) Instrumentos para paliar la insostenibilidad de los sistemas urbanos in Ecología y Ciudad: Raíces de Nuestros Males y Modos de Tratarlos «Ciudades para un futuro más Sostenible» Boletín CF+S2002 Disponível em: <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2916>
- Odum, T.H (1980) [1971] Ambiente, energía y sociedad. Barcelona: Blume ecología
- Odum, E.P (2004) [1953] Fundamentos de Ecología. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
- Olgay, V., Olgay A., (1963) Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. New Jersey: Princeton University Press
- Pollione, M. V. (1829) Dell'Architettura. Milano: Giacomo Pirola.
- Puente, M. (ed.) (2006) Conversas com Mies van der Rohe. Gustavo Gil, Barcelona
- Raworth, K. (2012) A Safe and Just Space for Humanity: Can we live within the Doughnut?, Oxfam (online)
- Rudofsky, B. (1964) Architecture without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture.

Architecture without Architecture - MOMA. New York: Art Education.

Serra, R. (1999) *Arquitectura y Climas*. 2.ª ed. Barcelona: GG Básicos.

Stoll, M (2023) *Lucro. Uma história ambiental* Coimbra: Edições 70/Edições Almedina

Witze A. (2023) This quiet lake could mark the start of a new Anthropocene epoch. *Nature*. 2023 Jul 619 (7970): 441-442. doi: 10.1038/d41586-023-02234-z

1.2.1

IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp

Neila Gonzalez, F. Javier (2004) *Arquitectura Bioclimática*, Munilla Lería

Hegger, Fuchs, Stark, Zeumer (2008) *Energy Manual, Sustainable Architecture, Detail*

Wadel G. (2009) *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda*. Tese de doutoramento. Universidade Politécnica da Catalunha.

URL: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93448>

1.2.2

ANSI/ASHRAE. (2017) *Standard 55: 2017, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ASHRAE.

Auliciems, A., & Szokolay, S. V. (2007) *Thermal Comfort*. Brisbane: LEA: Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture, The University of Queensland.

Betti G., Tartarini F., Nguyen C., Schiavon S. (2022). *CBE Clima Tool: a free and open-source web application for climate analysis tailored to sustainable building design*. Version: 0.8.12

<https://doi.org/10.48550/arxiv.2212.04609>

Brophy, V., & Lewis, J. O. (2011) *A green vitruvius: principles and practice of sustainable architectural design*. Washington DC: Earthscan.

Fuller, B. (2020) [1969]. *Operating Manual for Spaceship Earth*. Zurich, Switzerland: Lars Müller Publishers. ISBN 978-3-0377-8126-5.

Givoni B. (1992) *Comfort, climate analysis and building design guidelines*, Energy and Buildings, Vol 18-1.

Gonçalves, H. e Mariz Graça, J. (2004) *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. DGGE / IP-3E: Amadora. Disponível em: <https://repositorio.lneg.pt/handle/10400.9/1323>

Olgay, V., Olgay A., (1963) *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press

1.2.3

Parlamento Europeu e Conselho (PEC) (2019) *Diretiva (UE) 2018/844*, Jornal Oficial da União Europeia n.º 156/75, de 2018-06-19.

Presidência do Conselho de Ministros (PCM) (2020), *Decreto-Lei n.º 101-D/2020*, de 7 de dezembro, Diário da República n.º 237/2020, Série I de 2020-12-07.

Ministério do Ambiente e Ação Climática e Infraestruturas e Habitação (MAACIH) (2021) *Portaria n.º 138-I/2021*, de 1 de julho, Diário da República n.º 126/2021, Série I de 2021-07-01.

Agência para a Energia (ADENE) e Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) (2020) *Manual SCE - Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios*.

“peritosqualificados.pt,” [Online]. Available: <https://www.peritosqualificados.pt/pt/>. [Acedido em 2023].

1.2.4

Santos, Pina dos; Matias, Luís (2006) *ITE50 - Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*

Santos, Pina dos; Rodrigues, Rodrigo (2010) *ITE54 Coeficientes de transmissão térmica de elementos opacos da envolvente dos edifícios: soluções construtivas de edifícios antigos: soluções construtivas das regiões autónomas*

(2021) *Manual Técnico para a Avaliação do Desempenho Energético dos Edifícios*, ADENE

Governo Regional dos Açores, *Estratégia Açoriana para a Energia 2030* (2022)

1.3

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_FullVolume.pdf.

Carbon Leadership Forum. (2019). Life Cycle Assessment of Buildings: A Practice Guide. Universidade de Washington. <http://hdl.handle.net/1773/41885>.

Cheshire, D. (2019). Building Revolutions: Applying the Circular Economy to the Built Environment. Routledge.

Heisel, F., Hebel, D. E. (2022). Building Better - Less – Different. Circular Construction and Circular Economy. Birkhäuser, Basel.

Hillebrandt, A. et al. (2019). Manual of Recycling. Buildings as sources of materials. DETAIL.

Sturgis, S. (2023). Whole life assessment for the built environment. 2ª edição. Royal Institution of Chartered Surveyors. Disponível em <https://www.rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/sector-standards/construction-standards/whole-life-carbon-assessment>.

TU Delft (2023). Open Course on Circular Economy for a Sustainable Built Environment. Disponível em <https://ocw.tudelft.nl/courses/circular-economy-for-a-sustainable-built-environment/>.

2.1

Amaral, Keil do, et al. 1980 [1961]. Arquitectura Popular em Portugal. Lisboa. Associação dos Arquitectos Portugueses, p. XXVI.

Frampton, Kenneth. 2015. A Genealogy of Modern Architecture: Compative Critical Analysis of Built Form, Zurich. Lars Müller Publishers, p. 8.

Gonçalves, Helder; Graça, João Mariz, 2004. Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Direcção-Geral de Geologia e Energia. Lisboa.

Matias, Luís Manuel Cordeiro. 2010. Desenvolvimentos de um Modelo Adaptativo para Definição das Condições de Conforto Térmico em Portugal. Lisboa. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Olgay, Victor, 2015, [1963]. Design with Climate – Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. New Jersey. Princeton University Press.

Orlando, Ribeiro. 1993 [1945]. Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico, Lisboa. Edições João Sá da Costa.

Santa Rita, João. 2021. Projectar com o Clima em Portugal: Entre o Inquérito à Arquitectura Regional Portuguesa e a Revolução de Abril, 1955-1974. Tese de doutoramento. Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa.

Serra, Rafael. 2004. Arquitectura y Climas. Barcelona. Editorial Gustavo Gili, p. 9.

Tostões, Ana (coord. científica). 2006. IAPXX - Inquérito à Arquitectura Portuguesa do Século XX em Portugal, Lisboa. Ordem dos Arquitectos.

Tostões, Ana. 1997. Os Verdes Anos na Arquitectura Portuguesa dos Anos 50. Porto: Faculdade de Arquitectura da Universidade do Porto, p. 160.

Tostões, Ana; Wang, Wilfred e Beker, Annette. 1997. Arquitectura do Século XX. Munique. Nova Iorque, Lisboa. Prestel, p. 240.

2.2

Certificação Energética dos Edifícios - Estatísticas - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios – Estatísticas [Fonte online] Acesso 23 novembro 2023, <https://www.sce.pt/estatisticas/>

Direção Regional do Ambiente | Secretaria Regional da energia, Ambiente e Turismo (2017) Relatório do Estado do Ambiente dos Açores 2014-2016. Disponível em <https://rea.azores.gov.pt/store/reaa-2016.pdf>

Direção Regional da Energia – Portal da Energia (2023) – Indicadores Sistema de Certificação Energética [Fonte online] Acesso, 23 novembro 2023, em: <https://portaldenergia.azores.gov.pt/portal/Servicos/SCE-Acores/Indicadores?portalid=0>

Serviço Regional de Estatística dos Açores (2022) Censos 2021- Resultados Definitivos RAA. Disponível em: https://srea.azores.gov.pt/conteudos/Relatorios/lista_relatorios.aspx?idc=29&idsc=1115&lang_id=1

2.3

- Allen, S. (2009). *Practice: Architecture, technique + representation* (2.ª ed.). Routledge.
- Almeida, F. (Coord.) (2023). *Roteiro de arquitetura dos Açores*. Artes E Letras Editora.
- Barber, D. (2009). Environmentalization and environmentality: ReConceiving the history of 20thc architecture. *Design Philosophy Papers*, 7(3), 145-160.
- Bhabha, B.K. (2007). Architecture and thought. In P. Johnston (Ed.), *Intervention architecture: Building for change* (pp.6-11) London: I.B.Tauris & Co Ltd. pp.6,7,8.
- Caldas, J.V., Tostões, A., Filipe, J. S., Fernandes, J. M., Janeiro, M. L., Barcelos, N., & Mestre, V. (2000). *Arquitetura popular dos Açores*. 1.ª ed. Lisboa: OA-CDN.
- Domingues, Á. (2017). *Volta a Portugal*. Contraponto.
- Domingues, Á. (2021). *Paisagens transgênicas*. Museu da Paisagem.
- Ferrão, J., & Jensen-Butler, C. (1988). Existem «regiões periféricas» em Portugal? *Análise Social*, XXIV(100), 355-371. pp. 365-366.
- Mazria, E. (1979). *The passive solar energy book: A complete guide to passive solar home, greenhouse and building design* (1.ª ed.). Rodale Press.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things* (1.ª ed.). Turtleback.
- Moe, K. (2014). *Insulating modernism: Isolated and non-isolated thermodynamics in architecture*. Walter de Gruyter GmbH.
- Moura, E. S. (2007). La buena arquitectura lleva implícito el ser sostenible (Anatxu Zabalbeascoa, entrevista a Eduardo Souto Moura). *El País*.
- Nunes, A.S. (1964). Portugal, sociedade dualista em evolução. *Análise Social*, II (7-8), 407-462. p.420.
- Olgay, V., & Olgay, A. (1963). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism* (1.ª ed). New Jersey: Princeton University Press.
- Rossi, A. (1982). *The architecture of the city*. (Rev. ed., D. Ghirardo, & J. Ockman, Trans.). Oppositions Books, MIT Press. (Original work published 1966). pp.21,109.
- Sample, H. (2016). *Maintenance architecture*. MIT Press. pp.2,61.

Nota final

Os textos deste Guia informam sobre o edificado, a infraestrutura e a prática da arquitetura, num território específico, num momento de mudança e incerteza. A mudança de práticas, procedimentos e materialidades é necessária, por razões de segurança e qualidade ambiental, mas também para enfrentar e reverter a insatisfação com a paisagem urbanizada e o *habitat* em geral. Porém, uma renovada arquitetura tarda a encontrar o seu espaço e encontra-se ainda restrita a pequenas intervenções experimentais.

Há ainda passos exigentes a dar, e os primeiros requerem políticas que incentivem a mudança, destacando-se, nos Açores, a preparação da adoção do novo quadro regulamentar do desempenho energético dos edifícios, de forma a permitir a integração da arquitetura bioclimática e da eficiência energética em edifícios, numa linguagem e prática comuns, entre Arquitetos e Engenheiros. Neste processo de mudança de paradigmas este Guia pretende dar um contributo para novas práticas multidisciplinares de adaptação aos desafios das próximas décadas, abordando e valorizando a integração dos conceitos bioclimáticos num projeto de arquitetura no contexto insular.

Por outro lado, é complementar e cruza este percurso focado no controlo da procura de energia operacional em edifícios - que a arquitetura bioclimática permite -, um outro trilha focado no controlo da energia incorporada nos edifícios, incentivando a experimentação nas materialidades e na capacidade de reutilização ou redescoberta de recursos, para criar uma inovadora arquitetura açoriana - e assim dar resposta à necessidade de um metabolismo socioeconómico insular mais contido, mais ecológico e mais autónomo.

ISBN 978-972-8897-69-7



9 789728 897697

