

# MANUAL BIOURB

MANUAL PARA A CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA





## PREFÁCIO

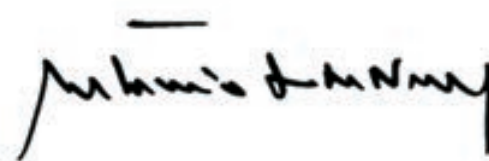
No âmbito da cooperação transfronteiriça Norte de Portugal – Castela e Leão, foi aprovado o projeto BIOURB – Diversidade Construtiva Transfronteiriça, Edificação Bioclimática e sua adaptação à Arquitetura e Urbanismo Moderno, projeto liderado pela Entidade Regional de Energia de Castela e Leão e que integra os seguintes parceiros: Instituto de la Construcción de Castela e León; Fundación CIDAUT; Ayuntamiento de Trabanca; Instituto Politécnico de Bragança; município de Mogadouro e pelo município de Bragança, que assumiu a elaboração do Manual para a Conservação e Reabilitação da Diversidade Bioconstrutiva e a realização de um curso de formação relativo ao projeto.

O projeto tem por objetivo ajudar a construir uma visão estratégica para que na região transfronteiriça se assuma a transição para um modelo de construção bioclimático, sustentável em termos ambientais e económicos, valorizando o conhecimento, a herança cultural e patrimonial única ligada à biodiversidade construtiva, ao saber fazer e identidade comum construída ao longo da história neste vasto território que nos une. Preservar o valioso património, legado de várias gerações, assim construir de novo para as gerações vindouras, fazendo-o de forma equilibrada na relação entre as necessidades de conforto humano, de qualidade de vida e bem-estar e de sustentabilidade de vida no planeta, é o nosso propósito.

No Manual BIOURB são catalogadas e explicadas soluções que correspondem a boas práticas construtivas identificadas no território, ligadas a arquitetura tradicional, mas também soluções que emergem da inovação tecnológica orientada para a sustentabilidade ambiental e económica. O curso, prioritariamente destinado a técnicos de conceção e execução, tem como objetivo aprofundar o conhecimento sobre o clima e soluções bioconstrutivas mais representativas na região transfronteiriça, de modo a aumentar competências no processo de conservação e reabilitação, recorrendo a materiais locais e a soluções construtivas testadas desde tempos imemoriais assim como, adquirir novas competências que integrem conhecimentos e tecnologias inovadoras que respondam a exigências de planeamento verde das cidades, de construção urbana sustentável, e de promoção de estilos de vida mais amigos do ambiente, construindo para o futuro.

As cidades, desde há décadas tendem a concentrar a população, a economia, o conhecimento e a inovação. Encontrando-se em etapas muito distintas de desenvolvimento, todas se confrontam com os problemas da globalização, das alterações climáticas, da limitação de recursos naturais face ao crescimento da população, da mobilidade e participação cívica dos cidadãos. Preocupações que o urbanismo moderno tem de integrar, assim como o renascimento do centro históricos das cidades, garantir funcionalidade e atratividade, a integração da utopia urbana, construindo e renovando tendo por base os conceitos de cidades e territórios inteligentes, inovadores, saudáveis e sustentáveis.

O grande desafio presente das cidades e dos territórios é o de acolher as exigências crescentes da atividade humana, sustentadas no conhecimento e na inovação, garantido a criação de riqueza e de emprego, num processo de reforço da coesão social e económica e de reconciliação dos seus habitantes com a natureza. É nesta visão que temos de assumir uma estratégia partilhada que age localmente, mas pensa de forma global, que coopera e partilha para com menos fazer melhor, preservando os recursos naturais neste território de elevada qualidade ambiental e paisagística, de tradições e identidade que nos protegem e diferenciam no âmbito da globalização, território onde temos de vencer problemas essenciais como a perda demográfica e o fortalecimento da economia. Para isso, a nossa capacidade de cooperação estratégica tem de ser fortalecida, projeto BIOURB e outros relevantes projetos de cooperação já concretizados, contribuem para esse caminho comum que nos últimos anos tem servido para rasgar as fronteiras e unir os povos.



António Jorge Nunes  
Presidente da Câmara Municipal de Bragança

**Edição**

Câmara Municipal de Bragança (CMB)

**Coordenação**

Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira

Rafael Augusto Costa Sobrinho Correia

**Autores**

António Jorge Ferreira Vaz

Débora Rodrigues de Sousa Macanjo Ferreira

Eduarda Cristina Pires Luso

Sílvia Maria Afonso Fernandes

**Sugestões e Revisões**

Carlos Liberal Moreno Afonso

Rafael Augusto Costa Sobrinho Correia

**Direção Gráfica**

Carlos José Meirinho Alves Baptista

**Fotografia**

Guillermo Baltasar

João da Rocha e Silva

Jorge Henrique Carvalho Santos

Rui Paulo Pereira

**Impressão**

Tipografia Artegráfica Brigantina

**Contributos**

No âmbito do projeto BIOURB, a Câmara Municipal de Mogadouro disponibilizou o manual "Identificação da Biodiversidade Construtiva e as Soluções Técnicas", bem como o levantamento fotográfico.

**Tiragem**

500 exemplares

**Prestador de serviços**

Associação Transmontana para Transferência de Tecnologia - TRANSTEC

**ISBN**

978-989-8344-22-9

**Depósito legal**

357489/13

O Manual está estruturado em três partes, correspondendo a primeira à introdução, na qual se procede ao enquadramento do tema em estudo e se estabelecem os objetivos a cumprir, para além de se definirem os conceitos que se utilizam de forma recorrente ao longo do Manual. Na segunda parte, apresentam-se as oito soluções bioclimáticas estudadas. Na terceira parte, correspondente ao anexo, são apresentados o glossário e as fichas de ensaio.

O Manual pode ser utilizado:

- Como livro de texto na área das soluções bioclimáticas, sugerindo-se a sua leitura integral;
- Como livro de consulta na procura de uma solução de reparação para um problema particular. Neste caso, deverá consultar-se a secção referente à solução bioclimática pretendida. Para apoio à leitura, poderá consultar-se o glossário apresentado em anexo.

### Deve ter-se em consideração os seguintes aspetos:

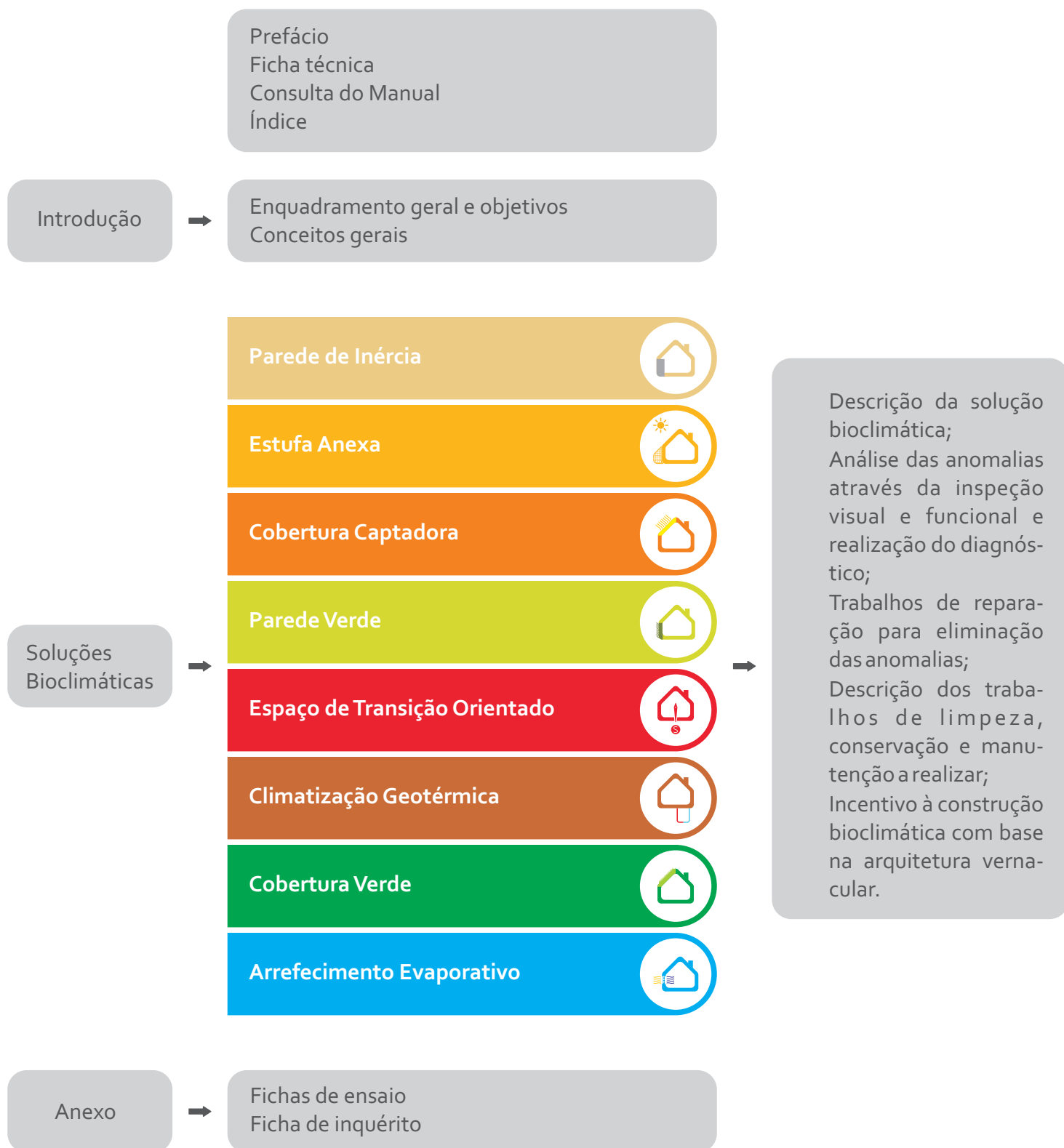
1. Consulte o glossário e as fichas de ensaio em anexo sempre que necessário;
2. Cada uma das oito soluções bioclimáticas está associada a um símbolo e a uma cor. As soluções singulares foram organizadas de acordo com a sequência seguinte: Parede de Inércia; Estufa Anexa; Cobertura Captadora; Parede Verde; Espaço de Transição Orientado; Climatização Geotérmica; Cobertura Verde e Arrefecimento Evaporativo.



3. Para cada solução bioclimática:
  - São identificadas e descritas as soluções construtivas e os princípios bioclimáticos utilizados e são ainda apresentadas estratégias de intervenção de reabilitação seguindo os mesmos princípios;
  - São enumeradas as anomalias mais frequentes, bem como o modo de elaboração do diagnóstico com referência à Inspeção Visual e Funcional (IVF) e às possíveis técnicas de intervenção, estando divididas em Pequena Reparação (PR) e Grande Reparação (GR).
4. Em caso de dúvida deve consultar-se um profissional experiente que analise e identifique as origens das anomalias e sugira a solução de reparação adequada;
5. Tenha especial atenção as indicações assinaladas com os símbolos seguintes:



### Esquema Organizacional do Manual



pág.

**Prefácio**

**Ficha técnica**

**Consulta do Manual**

**Índice**

**Introdução**

I - Enquadramento geral e objetivos

II - Conceitos gerais

**Soluções Bioclimáticas Singulares**

<b>1</b>	<b>1 – Parede de Inércia</b>
3	1.1 – Identificação e descrição da solução
	1.1.1 – Paredes de elevada massa térmica: pedra e adobe
	1.1.2 – Paredes de reduzida massa térmica: tabique
	1.1.3 – O revestimento das paredes
10	1.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
	1.2.1 – Anomalias identificadas
	1.2.2 – Elaboração do diagnóstico
	1.2.3 – Técnicas de reparação
	1.2.4 – Planeamento da manutenção
21	1.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática
	1.3.1 – Paredes de inércia térmica exteriores e integração de isolamento térmico
	1.3.2 – Paredes de inércia térmica interiores
	1.3.3 – A influência da cor dos revestimentos
<b>25</b>	<b>2 – Estufa Anexa</b>
27	2.1 – Identificação e descrição da solução
30	2.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
	2.2.1 – Anomalias identificadas
	2.2.2 – Elaboração do diagnóstico
	2.2.3 – Técnicas de reparação
	2.2.4 – Planeamento da manutenção
41	2.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática
	2.3.1 – Estufa Anexa
	2.3.2 – Parede Trombe
<b>45</b>	<b>3 – Cobertura Captadora</b>
47	3.1 – Identificação e descrição da solução
52	3.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
	3.2.1 – Anomalias identificadas
	3.2.2 – Elaboração do diagnóstico
	3.2.3 – Técnicas de reparação
	3.2.4 – Planeamento da manutenção
57	3.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática
	3.3.1 – Aumento da eficácia da cobertura: a incorporação do isolamento térmico
	3.3.2 – Aumento da eficácia da cobertura: captação ativa com sistemas solares

pág.

**63 4 – Parede Verde**

- 65 4.1 – Identificação e descrição da solução
- 67 4.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
  - 4.2.1 – Anomalias identificadas
  - 4.2.2 – Elaboração do diagnóstico
  - 4.2.3 – Técnicas de reparação
  - 4.2.4 – Planeamento da manutenção
- 70 4.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática

**73 5 – Espaço de Transição Orientado**

- 75 5.1 – Identificação e descrição da solução
- 78 5.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
  - 5.2.1 – Anomalias identificadas
- 79 5.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática

**81 6 – Climatização Geotérmica**

- 83 6.1 – Identificação e descrição da solução
- 86 6.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
  - 6.2.1 – Anomalias identificadas
  - 6.2.2 – Elaboração do diagnóstico
  - 6.2.3 – Técnicas de reparação
  - 6.2.4 – Planeamento da manutenção
- 91 6.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática
  - 6.3.1 – Construções semienterradas
  - 6.3.2 – Sistemas de conduta enterradas
  - 6.3.3 – Utilização de bombas de calor

**95 7 – Cobertura Verde**

- 97 7.1 – Identificação e descrição da solução
- 98 7.2 – Conservação e preservação da diversidade bioconstrutiva
  - 7.2.1 – Anomalias identificadas
  - 7.2.2 – Elaboração do diagnóstico
  - 7.2.3 – Técnicas de reparação
  - 7.2.4 – Planeamento da manutenção
- 100 7.3 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática
  - 7.3.1 – Cobertura verde, um revestimento com vida
  - 7.3.2 – Constituição da cobertura

**105 8 – Arrefecimento Evaporativo**

- 107 8.1 – Identificação e descrição da solução
  - 8.1.1 – Paredes e coberturas verdes
  - 8.1.2 – Esgotos intercambiadores ar/água
  - 8.1.3 – Pavimentos respiráveis
- 111 8.2 – A arquitetura tradicional, uma inspiração para o futuro - Princípios para a reabilitação e construção bioclimática

**Bibliografia****Anexo**

- Fichas de ensaio
- Ficha de inquérito

**Glossário**



## I - Enquadramento geral e objetivos

A necessidade humana de proteção face às condições climatéricas e restantes perigos resultou, desde tempos primitivos, na procura de abrigo. Da utilização de materiais básicos como a madeira, a terra e a pedra, evoluiu-se para soluções de construção mais complexas que acarretam impactos negativos no meio ambiente, quer pela construção propriamente dita quer pelos recursos utilizados (energia, água, matérias-primas), como pela produção de resíduos. Nas últimas décadas, para diminuir o impacto ambiental do setor da construção, desenvolveu-se o conceito de construção sustentável, baseado nos princípios de maximizar e reutilizar os recursos, utilizar recursos renováveis e recicláveis, proteger o meio ambiente e fomentar a criação de ambientes saudáveis. No sentido de apoiar os agentes do sector da construção, têm sido desenvolvidos projetos de investigação e de divulgação do conhecimento fomentando a construção sustentável.

O presente Manual pretende contribuir para a mudança do atual modelo construtivo para um modelo bioclimático mais sustentável, quer em termos ambientais quer em termos económicos, diminuindo o consumo de energia dos edifícios e elevando o valor da diversidade bioconstrutiva e do património bioclimático transfronteiriço. O Manual insere-se no projeto BIOURB que pretende caracterizar o comportamento energético de oito soluções bioclimáticas identificadas na zona fronteiriça entre Portugal e Espanha, mais concretamente entre as zonas abrangidas pelos municípios de Bragança, Miranda do Douro, Vimioso, Mogadouro, Salamanca, Zamora e, em especial, as zonas do parque natural de “Los Arribes del Duero” e de “El Sayago”.

As soluções inventariadas e apresentadas no âmbito do projeto BIOURB são abordadas no presente Manual, no sentido de promover a sua preservação e reabilitação.

Para cada uma das soluções bioclimáticas singulares, o Manual tem os seguintes objetivos:

- Identificar e descrever a solução;

- Indicar as técnicas de conservação, preservação e reabilitação;

- Aproveitar os princípios da arquitetura tradicional integrando-os e inspirando a construção bioclimática atual.



## II - CONCEITOS GERAIS

### A ARQUITETURA, UM REFLEXO DA IDENTIDADE DOS POVOS

Passando de geração em geração, a sabedoria popular aplicada à construção constitui um enorme legado na história da arquitetura regional. A cultura, a história e as tradições dos povos de cada região foram continuamente retratadas em construções e ainda hoje fazem parte das nossas belas paisagens, constituindo um património que exige ser preservado e valorizado.

A arquitetura tradicional, também denominada de vernacular, desenvolveu, de uma forma intuitiva, conceitos bioclimáticos que são hoje cientificamente válidos. Dada a escassez de meios, a simplicidade unia-se à racionalidade, resultando na aplicação de técnicas e soluções que, embora rudimentares, maximizavam o aproveitamento dos materiais e das energias disponíveis. A adaptação às condições ambientais locais fez com que os edifícios assumissem uma identidade própria que caracteriza a imagem arquitetónica da região em estudo.

### A CASA TÍPICA E OS MATERIAIS LOCAIS

A casa típica popular da região transfronteiriça é constituída por paredes de grande espessura em alvenaria de pedra. A pedra era utilizada de acordo com a disponibilidade no local, predominando o xisto e o granito. O granito era a pedra privilegiada para ser utilizada em pontos singulares e de sustentação, tais como os pilares, degraus e ombreiras. A madeira era utilizada essencialmente em pavimentos, coberturas, portas e janelas, sendo o castanho e o carvalho as mais aplicadas.

A casa organiza-se normalmente em dois pisos destinando-se o piso térreo a arrecadações, adegas e alojamento de animais, que ajudavam a aquecer os espaços habitáveis situados no nível superior. O primeiro piso é acessível através de uma escada exterior, fazendo-se a circulação horizontal através de uma varanda também exterior. As fachadas, com poucas aberturas para o exterior, proporcionam espaços interiores sombrios. De modo a suprir o desconforto térmico dos rígidios invernos, recorria-se à lareira para o aquecimento do ambiente interior e para cozinhar.

### ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA, PROJETAR COMO CLIMA... PARA O HOMEM E PARA O LOCAL

Os princípios da arquitetura bioclimática têm como objetivo o legado da arquitetura vernacular. A construção de edifícios bioclimáticos (bioconstrução) tem como base a adaptação ao clima local e a adoção de um conjunto de práticas e técnicas assentes na utilização de recursos naturais e locais, minimizando o impacto ambiental e o consumo de energia. Tem ainda como objetivo otimizar as condições de conforto e saúde dos seus utilizadores. A arquitetura bioclimática consiste em incorporar esses princípios na conceção dos edifícios.

### O DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS

O desenvolvimento sustentável baseia-se em três pilares fundamentais, que devem interagir em equilíbrio: o desenvolvimento económico, o desenvolvimento social e a proteção ambiental. O conceito de construção sustentável surge para dar resposta às necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas.

## OCONSUMO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As fortes preocupações ambientais atuais fazem sentir-se no setor da construção em geral, constatando-se um crescimento exponencial do consumo energético dos edifícios. Na Europa, este consumo representa cerca de 40% do total da energia utilizada, contribuindo para o aquecimento global do planeta, ao que acresce o facto de as energias fósseis tenderem a esgotar-se. Portugal e Espanha, tal como os restantes países da União Europeia, são fortemente dependentes da importação de energia.

A diretiva europeia relativa ao desempenho energético dos edifícios preconiza um conjunto de medidas para minimizar esses problemas, promovendo a diminuição do consumo de energia e o recurso às energias endógenas renováveis. Para além da atual obrigatoriedade da certificação energética, as exigências relativas à eficiência energética tenderão a aumentar, destacando-se a futura imposição, já em 2020, de edifícios novos com necessidades quase nulas de energia.

O consumo de energia não-renovável é o fator que mais contribui para o impacto ambiental dos edifícios, tornando premente a necessidade de adaptação da arquitetura de modo a minimizar a pegada ecológica dos edifícios ao longo de todo o seu ciclo de vida.

## ACRISE ECONÓMICA, UMA OPORTUNIDADE PARA MUDAR DE RUMO?

Os métodos e técnicas construtivas desenvolveram-se a um ritmo acelerado, sem grandes preocupações ao nível da quantidade de energia despendida. O aparecimento do betão armado revolucionou o setor da construção criando facilidades na rapidez de execução, na adoção de novos métodos e processos de construção. As mudanças nas formas de trabalho refletem-se em espaços cada vez mais urbanos, onde se concentra a sociedade, deixando os espaços rurais completamente ao abandono. As preocupações ambientais associadas ao projeto de edifícios passavam para segundo plano devido aos custos associados à implementação de algumas soluções bioclimáticas e à facilidade em recorrer-se a sistemas mecânicos de climatização por forma a colmatar as necessidades energéticas. Esta intensa transformação do meio natural resulta num ambiente cada vez mais contaminado e mais poluído com consequências nefastas para a saúde, quer das pessoas quer dos restantes seres vivos, diminuindo a biodiversidade. Os impactos sociais, ambientais e a crise económica são fatores que motivam a inversão dos modos de projetar e construir dos últimos tempos.

## A INTERVENÇÃO NO EDIFICADO EXISTENTE

### *Será mais fácil demolir e fazer de novo...?*

A reabilitação e a conservação do património edificado têm merecido crescente atenção ao longo dos últimos anos, em particular em edifícios com carácter histórico e cultural. No entanto, esta atenção não deverá centrar-se exclusivamente nos monumentos e edifícios históricos mais valiosos, mas abranger também os edifícios tradicionais de construção mais simples. Infelizmente, de uma maneira geral, estas construções tradicionais têm sido pouco conservadas e reabilitadas ou, quando o são, ficam sujeitas a intervenções (arquitetónicas e estruturais) por vezes inadequadas.

Para além das anomalias e da degradação generalizadas, as construções tradicionais apresentam igualmente algumas carências, não satisfazendo as atuais necessidades e exigências de funcionalidade, conforto térmico, acústico ou lumínico. É corrente considerar-se que a conservação de um edifício tradicional obedece a critérios de qualidade semelhantes aos aplicados na indústria da construção em geral, sem lhe ser reconhecida qualquer especificidade resultante do seu carácter único e insubstituível. Este tipo de abordagem parece inadequado por serem indiscutivelmente diferentes não só os fins a atingir como os meios utilizados. Torna-se, assim, indispensável a consciencialização para a necessidade de recuperar o património edificado existente. No entanto, tal deve ser feito com prudência, tomando como princípios base preservar e conservar, valorizando todas as particularidades que são únicas, o traço e a identidade do património arquitetónico e cultural.

### **Preservar e conservar**

As construções antigas caracterizam-se pela diversidade e heterogeneidade dos materiais e técnicas construtivas empregues, pelo que qualquer intervenção constitui uma tarefa complexa colocando os projetistas e demais intervenientes frente a materiais e técnicas tradicionais que não dominam. Para além disso, estes edifícios apresentam frequentemente anomalias diversas, originadas por uma série de fenómenos encadeados, o que torna a resolução de cada problema num caso particular, reforçando a ideia de que “cada caso é um caso”. Na maioria das vezes, a solução adotada passa pela demolição e posterior reconstrução, o caminho mais simples mas também o menos sustentável.

De facto, a reabilitação de edifícios requer trabalhos minuciosos, de modo a conservar o mais possível o que pode ainda ser aproveitado, exigindo paciência, cuidado e trabalho, materiais e técnicas de construção tradicionais, gastando por isso mais tempo e dinheiro, do que numa obra de construção nova. Além disso, não é fácil encontrar artífices totalmente dedicados a este tipo de trabalho que utiliza materiais e técnicas antigas entretanto caídas em desuso. O trabalho destes artífices e mestres de obra faz parte de uma boa percentagem do sucesso dos trabalhos de reparação e/ou reabilitação, pois são eles que irão pôr em prática o que foi projetado.

Como se mostrou, torna-se fundamental uma abordagem multidisciplinar e a sensibilização dos vários agentes que intervêm nas ações de conservação do património edificado, de modo a permitir a obtenção de níveis de qualidade progressivamente maiores e que originem uma resposta mais eficaz a dar a cada caso.

Na realidade há ainda muito para melhorar, quer se trate de simples reparações, de reconstruções ou reabilitações. É necessário recuperar o nosso património e a nossa identidade cultural, tendo sempre presente que nada perdura, senão a mudança.

### **Reabilitação térmica e energética**

A reabilitação térmica e energética de edifícios constitui uma necessidade atual, quer para proporcionar as garantias de conforto térmico aos seus utilizadores atuando na melhoria da qualidade térmica, quer para diminuir o consumo das energias fósseis. Por outro lado, tendo em conta que o parque habitacional se encontra profundamente envelhecido e o setor da construção nova completamente estagnado devido à saturação do mercado, a reabilitação apresenta-se como uma área estratégica de atuação emergente, com um enorme potencial de poupança energética.

Saliente-se, por fim, que as operações de reabilitação mais eficazes nem sempre são de fácil implementação dados os condicionalismos preexistentes pelo que as diferentes soluções devem ser otimizadas sob os pontos de vistas técnico, económico e ambiental.

A intervenção nos edifícios existentes deverá atender à sequência que se apresenta:

- 1- Correção das patologias construtivas existentes;
- 2- Redução das necessidades de consumo de energia intervindo na envolvente;
- 3- Fomento da utilização de energias renováveis e atuação ao nível da eficiência dos sistemas energéticos.

## **O PROJETO BIOCLIMÁTICO COMO PEÇA CHAVE PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**

Conhecida a atual necessidade de repensar a construção, a arquitetura bioclimática surge como uma das soluções mais promissoras e viáveis para enfrentar os novos desafios. É objetivo de um projeto de arquitetura bioclimática atingir o conforto térmico reduzindo a necessidade de utilização de meios mecânicos de climatização ou de iluminação. Para isso, torna-se necessário adotar um conjunto de estratégias de modo a otimizar o balanço entre as perdas e os ganhos energéticos nas diferentes estações do ano.

Na fase de projeto, as escolhas devem recair sobre o recurso a estratégias passivas, tirando o máximo partido do local de implantação, da vegetação, da energia solar, do regime de ventos e da iluminação natural, entre outros. Uma vez que os sistemas mecânicos de climatização, aquecimento de águas, ventilação e iluminação são necessários durante a utilização do edifício, é indispensável que haja uma preocupação na escolha dos mesmos de modo a minimizar o consumo de energias não-renováveis, dando prioridade às soluções que recorrem às energias renováveis, como sejam o sol ou a terra, e aos equipamentos de elevada eficiência energética.

Sendo assim, o projeto bioclimático engloba dois tipos de sistemas, sendo eles os sistemas passivos e os sistemas ativos.

### Os sistemas passivos

Os sistemas passivos consistem em dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objetivo é contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento mediante meios naturais.

Atendendo ao clima da região transfronteiriça, a situação de inverno merece uma atenção especial. Neste sentido, no inverno, as estratégias de projeto deverão prender-se com a redução das perdas térmicas e a promoção dos ganhos solares. A redução das perdas térmicas poderá ser feita através da colocação de isolamento térmico na envolvente opaca, da colocação de vidros duplos nos vãos envidraçados (conforme apresentado nas soluções bioclimáticas **Parede de Inércia** e **Cobertura Captadora**) e através do controlo das infiltrações de ar. A promoção dos ganhos solares no inverno poderá ser feita utilizando vãos envidraçados bem dimensionados e orientados, de preferência a sul e aplicando outras soluções solares passivas abordadas neste Manual como sejam a **Estufa Anexa** e a **Parede Trombe**.

No verão, as estratégias de projeto a adotar deverão passar pela restrição dos ganhos solares (recorrendo, por exemplo, ao sombreamento dos envidraçados) e pela promoção das perdas térmicas recorrendo à ventilação natural, a sistemas de tubagens enterradas ou ao arrefecimento evaporativo com recurso a vegetação ou espelhos de água. Algumas destas estratégias são abordadas no presente Manual nas soluções bioclimáticas **Espaço de Transição Orientado**, **Climatização Geotérmica**, **Parede Verde**, **Cobertura Verde** e **Arrefecimento Evaporativo**.

O aproveitamento da inércia térmica é uma estratégia apresentada na solução **Parede de Inércia** com benefícios quer no inverno, quer no verão.

### Os sistemas ativos

O ideal seria recorrer somente a sistemas passivos contudo, por vezes, tal não é possível do ponto de vista económico principalmente em projetos de reabilitação. No entanto, as tecnologias ativas relacionadas com as energias renováveis devem ser equacionadas com vista à sua integração nos projetos. Tais sistemas permitirão a diminuição do consumo de energias convencionais.

Faz-se referência, neste Manual, a dois sistemas ativos de aproveitamento de energias renováveis nas soluções bioclimáticas **Cobertura Captadora** e **Climatização Geotérmica**.

Apresentam-se a seguir alguns condicionantes e elementos que devem ser considerados no projeto bioclimático.

### **Localização e condições climáticas**

Um estudo rigoroso do local de implantação da construção e do contexto climático da região constituem dados essenciais para a elaboração de um projeto. O edifício deve otimizar o aproveitamento do declive do terreno e de toda a envolvente, como sejam os edifícios vizinhos, a vegetação, o tipo de pavimentação e o regime de ventos. Todos estes fatores tornam cada projeto único.

*Nove meses de inverno, três de inferno!*

O clima da região transfronteiriça em análise neste Manual é temperado, com as quatro estações do ano bem definidas. O verão é relativamente quente e seco (à exceção do extremo norte de Portugal, onde o verão é temperado e quente) e o inverno é bastante frio apresentando, no entanto, dias com longos períodos de sol. A primavera e o outono apresentam temperaturas intermédias. As chuvas no inverno são frequentes e no verão são escassas. O clima, tipicamente mediterrânico, é influenciado pelo oceano atlântico, pelo continente e pelo relevo, conduzindo a alguns contrastes climáticos e provocando uma degradação das suas características. Em suma, existem zonas da região transfronteiriça com influências continentais, zonas com influência do clima atlântico e ainda zonas com clima tipicamente mediterrânico.

Em resumo, a área transfronteiriça caracteriza-se genericamente por três microclimas distintos, sendo eles:

- Microclima do Atlântico, do lado Português;
- Microclima Mediterrânico, na região do Douro;
- Microclima Continental, na região de Zamora e Salamanca.

### **A geometria solar, forma e orientação do edifício**

O sol é a maior fonte de energia que pode ser utilizada na arquitetura bioclimática. A arquitetura tradicional é um exemplo de como a energia solar sempre foi sabiamente utilizada ao longo dos tempos. É importante conhecer o percurso do sol ao longo do dia e das diferentes estações do ano, de modo a maximizar o seu potencial.

A forma e a orientação do edifício são aspetos fulcrais para a minimização do consumo energético ao longo da sua utilização. Quanto mais compacto for o edifício menor contato haverá com o exterior e menores serão as perdas energéticas. A maior fachada deve estar voltada a sul, com a integração dos devidos sombreamentos.

Também é importante que se otimize a contribuição da radiação solar na definição do layout dos espaços de permanência do edifício, tendo em conta a sua função (orientando, por exemplo, os espaços de permanência, como cozinhas e salas, a sul e bibliotecas ou escritórios a norte).

### **Vento**

Os ventos dominantes devem ser conhecidos para se efetuarem as devidas proteções e barreiras no inverno e para se maximizar o seu contributo para a ventilação natural e arrefecimento no verão.

### **A envolvente exterior opaca dos edifícios e o isolamento térmico**

A envolvente opaca exterior de um edifício é constituída por todos os elementos opacos que separam o seu interior habitável do ambiente exterior tais como as paredes, pavimentos e coberturas. A transmissão de calor por condução através da envolvente é responsável pelas perdas de calor no inverno e pelos ganhos de calor no verão, assumindo uma influência significativa no comportamento térmico dos edifícios. Neste sentido, os elementos construtivos da envolvente deverão garantir uma adequada resistência térmica através da incorporação de isolamentos térmicos, de acordo com o projeto térmico.

### **Os vãos envidraçados e as proteções solares**

É prioritário o correto dimensionamento dos vãos incluindo a sua orientação em relação ao sol, procurando um equilíbrio entre as diferentes necessidades conforme as estações do ano, devendo ser maximizados os ganhos solares no inverno e minimizados os de verão. Vários parâmetros influenciam este equilíbrio, havendo a necessidade de analisar o conjunto constituído por caixilho, vidro e proteção solar. Os seus materiais, a localização das proteções solares e as cores utilizadas, são alguns dos fatores a tomar em consideração e que influenciam o seu desempenho. Os vãos envidraçados podem originar cerca de 30% das perdas térmicas no inverno. Torna-se importante, principalmente em zonas como a região transfronteiriça na qual predominam os meses de frio, atuar ao nível da resistência térmica dos vãos envidraçados, apostando-se, por exemplo, em caixilharias de boa qualidade e vidros duplos. No verão, um adequado sombreamento irá proteger os vãos da radiação solar. Deve ser dada preferência às proteções solares localizadas pelo lado exterior dos envidraçados.

### **A ventilação natural**

A ventilação dos locais de habitação tem consequência direta na saúde, no conforto e no bem-estar dos utilizadores. É fundamental proceder à renovação do ar, repondo a quantidade de oxigénio necessária, eliminando fumos, gases tóxicos e odores desagradáveis. Para além disso, uma adequada ventilação ajudará a prevenir o aparecimento de condensações e a melhorar as condições de conforto térmico no verão através do arrefecimento dos espaços.

No inverno as infiltrações de ar que ocorrem através de aberturas ou fendas não intencionais deverão ser controladas, mas sempre assegurando a ventilação mínima recomendável.

### **A iluminação natural**

É importante que se tire o máximo partido da iluminação natural pois, além de ter influência direta nas condições de conforto dos ocupantes, contribui para a redução da iluminação artificial e consequente poupança energética, devendo ser dada prioridade a sistemas economizadores.

### **A importância do uso da vegetação**

A utilização da vegetação constitui uma estratégia bioclimática que apresenta inúmeros benefícios, descritos em algumas das soluções apresentadas no Manual, sendo de destacar o seu contributo, no inverno, para a proteção de ventos dominantes e a melhoria do isolamento térmico e, no verão, para o sombreamento e arrefecimento dos espaços através da evapotranspiração.

### **A utilização de materiais sustentáveis**

A seleção dos materiais deve ter em conta uma abordagem ambiental, traduzida nos impactes ambientais desde a sua extração, fabrico, utilização e pós utilização. Deverá ser dada prioridade à utilização de materiais que: sejam naturais e locais, não afetem a saúde humana, contribuam para a melhoria do desempenho energético dos edifícios, tenham baixa energia incorporada no seu fabrico e aplicação, sejam recicláveis ou reutilizáveis, exijam pouca manutenção e sejam duráveis.

## **ARQUITETURA TRADICIONAL, FRUTO DE INSPIRAÇÃO PARA A ARQUITETURA MODERNA?**

Tal como referido, hoje em dia, com os escassos recursos de energia fóssil disponíveis e com o impacte ambiental das construções, quer pela utilização excessiva de materiais, quer pelos resíduos e pela poluição que acarretam, torna-se imperativo atentar nas técnicas e soluções que as gerações anteriores adotaram identificando as suas mais-valias. Não se trata de copiar as soluções e desenhos antigos, mas antes de aproveitar esses princípios na integração na arquitetura contemporânea.





# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 1.PAREDE DE INÉRCIA







## 1.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

A arquitetura popular da região transfronteiriça está bem marcada por edifícios de elevada massa térmica em que o material mais utilizado para a sua construção foi ao longo de muitos séculos a pedra de xisto ou de granito e, em menor escala, a construção em adobe.

As paredes de elevada massa térmica são usualmente designadas de paredes de inércia. Paralelamente foram encontradas paredes em tabique de reduzida massa térmica. O estudo de ambos os tipos de paredes insere-se na presente solução bioclimática.



Mogadouro, Portugal



### 1.1.1 PAREDES DE ELEVADA MASSA TÉRMICA: PEDRA E ADOBE

#### PEDRA

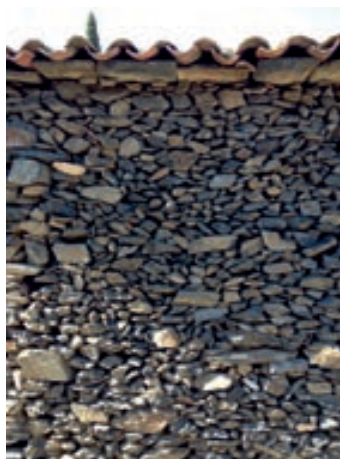
O sistema construtivo das paredes em alvenaria de pedra foi muito influenciado pelos recursos disponíveis no local bem como pelos recursos monetários dos proprietários.

As diversas soluções identificadas divergem consoante a natureza da pedra, o seu tamanho, o seu modo de colocação e o tipo de argamassa utilizada. Na sua generalidade são constituídas por pedras irregulares de tamanho pequeno assentes com argamassa, as quais são denominadas por "alvenaria ordinária". Devido à irregularidade das pedras, era habitual proceder-se ao seu travamento com material miúdo, ou seja, "encascar" (introdução de pequenas pedras nos interstícios para as fixar).

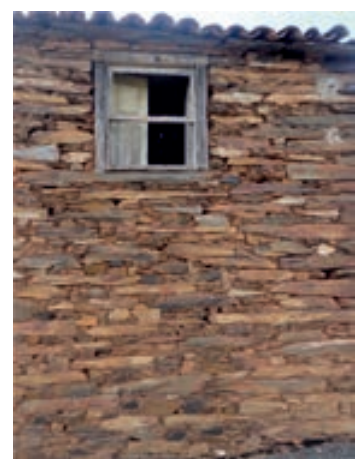
Esta alvenaria era normalmente executada para ser revestida por uma argamassa de reboco constituída por cal, barro, raízes de plantas, palha, saibro ou areia, entre outros componentes.



Alvenaria de pedra de granito com argamassa de assentamento

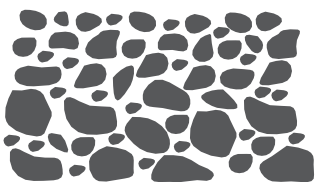


Alvenaria de pedra de junta seca



Alvenaria de pedra de xisto com argamassa de assentamento

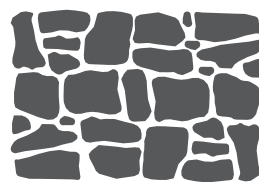
Além das variações do aspeto final da fachada dos edifícios em alvenaria, as suas secções transversais também divergem mesmo contendo materiais semelhantes, o que ocasiona diferentes tipos de anomalias e condiciona as necessárias intervenções de reparação e reforço.



A



B

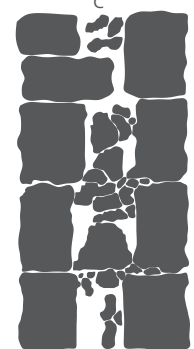
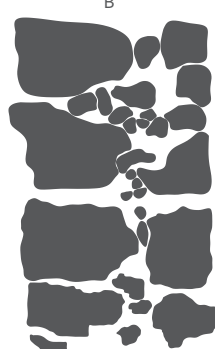


B



C

Possível aspeto final da fachada dos edifícios em alvenaria



Possível secção transversal da paredes de: (A) um pano; (B) dois panos; (C) três panos



Estas paredes de grande espessura, para além de transmitirem estabilidade aos edifícios e proteção contra a água, possuem capacidades de isolamento acústico, contribuindo também em grande medida para o equilíbrio das temperaturas no interior dos seus espaços.



Rio de Onor, Portugal

Todos nós já passamos pela experiência de, em pleno verão, com temperaturas elevadas no exterior, entrar em igrejas tradicionais e sentirmos uma frescura agradável. Essa frescura deve-se não só à reduzida exposição dos seus raros vãos à radiação solar, mas também às características das pesadas paredes de pedra.

A massa dos elementos construtivos assume um papel relevante para o conforto térmico nos edifícios, especialmente em climas como o da região transfronteiriça em que existe uma forte insolação, quer de verão quer de inverno. Para além disso, o clima da região está sujeito a grandes oscilações térmicas diárias e as elevadas espessuras das paredes em pedra, ou seja, de elevada inércia térmica, proporcionam uma grande capacidade de armazenamento de calor e causam um atraso na sua transmissão. Este armazenamento e reemissão de calor podem durar largos dias.

A inércia térmica traduz-se na dificuldade que um corpo tem em mudar a sua temperatura, ou seja, na capacidade em armazenar calor e libertá-lo ao fim de um período de tempo. A inércia térmica está associada a elementos constituídos por materiais densos e pesados.



Freixo de Espada à Cinta, Portugal



Trabanca, Espanha



### ADOBE

A utilização de paredes com elevada massa térmica assumiu distintas particularidades adaptadas às condições climáticas das diferentes localidades da região transfronteiriça.

Menos frequentes, mas vinculadas a zonas climáticas mais extremas, com invernos mais rigorosos, foram encontradas construções em adobe, mais concretamente na zona de Sayago, em Espanha, principalmente em paredes interiores, paredes divisórias de caves, arrumos, armazéns e currais.



Paredes em Adobe

O sistema construtivo de paredes em adobe caracteriza-se pela sobreposição de elementos de adobe em forma de tijolo.

O adobe mais não é do que terra húmida amassada com areia e palha, que posteriormente é colocada em moldes de madeira através de uma ligeira pressão com as mãos. Pouco tempo depois, o molde é retirado e o adobe, já com a forma de um tijolo, é deixado a secar ao sol.





A execução de paredes interiores com adobe, igualmente com elevada massa térmica, permitia aos edifícios armazenar a energia no interior dos espaços amortizando as amplitudes térmicas e ajudando a garantir uma temperatura radiante média confortável na maior parte do ano.



### VANTAGENS

A capacidade de armazenamento de calor permite a regularização das necessidades de climatização e de ventilação, diminuindo os gastos energéticos e consequentemente os gases efeito estufa (GEE); A regularização das temperaturas é propícia a que os utilizadores tenham uma agradável sensação de conforto térmico; Pode recorrer-se a materiais locais e naturais abundantes na região como a pedra e o adobe, de elevada massa térmica, contribuindo para uma construção mais sustentável.



### DESVANTAGENS

O desconhecimento das técnicas de execução de paredes em adobe e pedra exige mão-de-obra especializada. O preço do material pode ser elevado, pois acarreta custos de transporte, mão-de-obra e dificuldade de construção; Pode elevar os custos com a climatização em edifícios de ocupação não permanente.



Villardiegua de la Ribera, Espanha



### 1.1.2 PAREDES DE REDUZIDA MASSA TÉRMICA: TABIQUE

#### TABIQUE

Nas zonas climáticas com invernos menos severos, associadas ao clima mediterrânico do Parque do Douro Internacional, foi encontrada uma solução construtiva mais leve em madeira e barro - o tabique - como parte da constituição das paredes dos edifícios. Este tipo de sistema construtivo é mais frequente em paredes interiores, mas existem diversos exemplos da sua aplicação em paredes exteriores, neste caso, ao nível do último piso dos edifícios ou andares de ressalto.

A sua constituição assenta numa estrutura de tábuas de madeira, colocadas na vertical, sobre as quais se prega um ripado horizontal (fasquias). As fasquias, distanciadas cerca de 3 a 5 cm, encontram-se preenchidas com argamassa de saibro e cal, por vezes reforçada com fibras vegetais como a palha. As paredes de tabique assumiam um papel importante no travamento da estrutura.



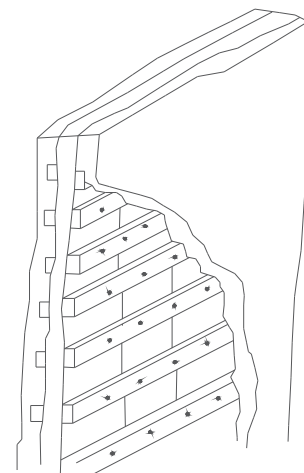
Estrutura em tabique utilizada no último piso do edifício.

De forma a ser ultrapassada a vulnerabilidade do tabique em relação à água, procedia-se ao seu revestimento com rebocos de argamassas de cal e areia e pinturas com tintas artesanais.

Sendo muito leves, caracterizam-se por uma pequena inércia térmica, constituindo uma boa solução para locais com reduzidas variações de temperatura diurnas e anuais, onde a capacidade de isolamento se sobrepõe à inércia térmica.



Estrutura do tabique



Esquema da construção do tabique



### 1.1.3 O REVESTIMENTO DAS PAREDES

Em alguns locais da região, nomeadamente na área do microclima mediterrânico em ambas as margens do rio Douro (Arribes del Duero e Douro Internacional), era valorizado o acabamento das paredes das fachadas com caiação. Outrora, o revestimento das paredes era um elemento representativo da capacidade económica, permitindo proporcionar aos edifícios melhores características de proteção contra a chuva e o vento assim como a melhoria das condições interiores de conforto.

A cor clara característica da cal contribui para a redução das temperaturas no interior do edifício uma vez que tem a propriedade de refletir uma parcela considerável de radiação solar, evitando a condução de calor pelas paredes e, conseqüentemente, o sobreaquecimento do edifício.



Peredo da Bemposta, Portugal



Peredo da Bemposta, Portugal



Fregeneda, Espanha



Freixo de Espada à Cinta, Portugal



Bragança, Portugal



Freixo de Espada à Cinta, Portugal



## 1.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

### 1.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

As paredes existentes em edifícios tradicionais analisadas neste Manual apresentam, na maioria dos casos, uma acentuada degradação provocada essencialmente por falta de manutenção adequada que conserve os rebocos e pinturas em bom estado de conservação. Em certos casos, as anomalias apresentadas pelos edifícios têm uma causa estrutural pelo que a sua reparação é mais complexa.

#### A degradação das alvenarias de pedra é provocada por diversos fenómenos de:

Deterioração física devida a variações de temperatura, fogo, gelo-degelo e presença de água;  
 Deterioração química devida à presença de salitres, corrosão de materiais metálicos e formação de gesso;  
 Deterioração biológica, provocada por microorganismos e plantas.

O fenómeno de deterioração aparece tanto nas pedras como nas argamassas de reboco e, em resultado disso, a qualidade dos materiais e a qualidade da ligação entre eles diminui.

**No caso dos tabiques e dos muros de adobe**, as anomalias relacionam-se com a maior ou menor presença de água, com a poluição atmosférica, erosão (chuva e vento) e a sua reparação baseia-se essencialmente na substituição de materiais degradados e sua reconstrução.

A reparação das paredes de adobe, em particular, é um processo difícil e complexo pelo facto de o adobe ser um material formado por terra, que gradualmente se degrada com o tempo, principalmente na presença de humidade. Além disso, o adobe é um material natural pelo que as sementes que eventualmente são depositadas pelo vento ou por animais podem desenvolver-se tal como o fazem no solo. São também particularmente graves os danos provocados por animais, aves e insetos que vivem frequentemente nas paredes de adobe, destruindo a solidez e consistência da construção.

Faz-se referência nos itens seguintes às anomalias detetadas nos edifícios analisados bem como outras anomalias frequentes neste tipo de elementos. Para cada uma delas é assinalado o modo de deteção da anomalia (diagnóstico) e a técnica de reparação proposta.

### ANOMALIAS IDENTIFICADAS EM PAREDES DE PEDRA

**Fendilhação** devida a causas estruturais, à expansão das argamassas, a ações dinâmicas, a assentamentos diferenciais das fundações, a alterações acentuadas do nível freático, entre outros.



Diagnóstico (ver IVF 1)



Possível técnica de intervenção (ver GR 4)



**Desagregação** devido ao agravamento e progressão de fendilhação, à meteorização das pedras ou à presença de água no interior da parede arrastando as partículas mais finas da argamassa de assentamento.



Diagnóstico (ver IVF 2)



Possível técnica de intervenção (ver GR 2)

**Embarrigamentos ou deformações permanentes** devido à deficiente qualidade da sua construção com utilização, por exemplo, de pedra de dimensão reduzida, ausência de perpianos ou travadouros, uso de ligantes como o saibro e o barro (expansão da argila), condições impróprias de implantação do edifício, impulsos horizontais provocados pelo mau funcionamento ou deterioração da estrutura de madeira da cobertura (ver secção **Cobertura Captadora**).



Diagnóstico (ver IVF 3)



Possível técnica de intervenção (ver GR 2)

**Esmagamentos localizados** devido à existência de cargas concentradas, em geral, provocados pela estrutura de madeira que constitui a cobertura.



Diagnóstico (ver IVF 4)



Possível técnica de intervenção (ver GR 3)

**Oxidação de elementos metálicos** devido à presença de humidade e à falta de manutenção.



Diagnóstico (ver IVF 5)



Possível técnica de intervenção (ver PR 3)



A ação da água está na origem do agravamento de grande parte das anomalias, uma vez que esta vai procurando e encontrando os pontos mais fracos da alvenaria (fendas e vazios), através de caminhos de circulação preferenciais no interior dos elementos, geralmente as juntas de argamassa entre pedras, contribuindo para a redução da capacidade resistente ao longo do tempo. A ação da água reduz também a capacidade de isolamento térmico, devido à maior condutibilidade térmica da água relativamente ao ar.



**ANOMALIAS IDENTIFICADAS EM PAREDES DE ADOBE**

**Desagregação dos tijolos de adobe ou apenas do revestimento**, caso exista, causada pela presença de água o que conduz à perda de consistência e seu esfarelamento.



Diagnóstico (ver IVF 10)



Possível técnica de intervenção (ver PR 5 e PR 6)

**Colonização biológica (vegetação, animais, aves ou insetos)** é um fenómeno natural que pode acelerar a degradação do adobe.



Diagnóstico (ver IVF 6)



Possível técnica de intervenção (ver PR 7)

**ANOMALIAS IDENTIFICADAS EM PAREDES DE TABIQUE**

**Podridão dos elementos de madeira**, com perda ou não das suas ligações à base de suporte (parede de alvenaria) devido à presença de humidade ou mesmo água que originam essas podridões e quebras ou deterioração por ataque de insetos xilófagos.



Diagnóstico (ver IVF 9)



Possível técnica de intervenção (ver PR 8 e GR 5)

**Fissuração do revestimento em argamassa** devido à existência de humidade. As fissuras podem também ser devidas a causas estruturais, quando resultam de movimentos significativos da trama de pranchas e fasquia-do em virtude, geralmente, de cedências da estrutura dos pavimentos em que os tabiques assentam, empenamentos ou cargas excessivas sobre eles exercidas, e por cedências idênticas do piso superior que podem originar também desvios destas divisórias.



Diagnóstico (ver IVF 1)



Possível técnica de intervenção (ver PR 9 e PR 10)

**Desagregação ou destacamento das argamassas de revestimento** e, conseqüentemente, de outros revestimentos aplicados sobre essas argamassas causada pela presença de humidade nas madeiras e nas próprias argamassas traduzindo-se em perda de consistência destas e seu esfarelamento.



Diagnóstico (ver IVF 7)



Possível técnica de intervenção (ver PR 10)



**ANOMALIAS IDENTIFICADAS EM REVESTIMENTOS**

**Fendilhação** provocada ou não pela fendilhação do suporte (parede), pela concentração de tensões na vizinhança de abertura de vãos ou devido à retração das argamassas de revestimento.



Diagnóstico (ver IVF 1)



Possível técnica de intervenção (ver PR 6)



As paredes de alvenaria apresentam-se muitas vezes revestidas com argamassas de reboco. Assim, uma anomalia em rebocos pode resultar de um defeito nas alvenarias. Torna-se pois complicado classificar algumas patologias como sendo de alvenarias ou de rebocos.

**Destacamento ou desagregação dos rebocos**, devido à ação da água nas suas várias origens (humidade do terreno ou humidade ascensional), ação do vento, da chuva, das variações de temperatura (gelo-degelo) ou da aplicação de materiais inadequados.



Diagnóstico (ver IVF 2)



Possível técnica de intervenção (ver PR 1 e GR 1)

**Colonização biológica** da parede de pedra, com vegetação e microrganismos.



Diagnóstico (ver IVF 6)



Possível técnica de intervenção (ver PR 29 secção Parede Verde)

**Existência de salitres**, devido à presença de sais e de água.



Diagnóstico (ver IVF 8)



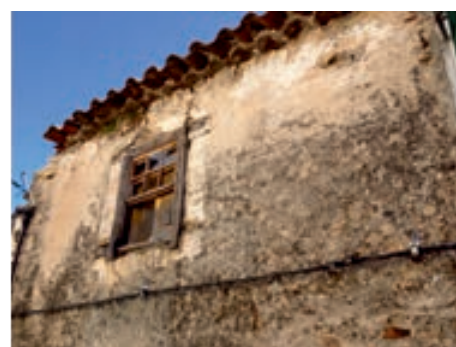
Possível técnica de intervenção (ver PR 10 ou GR 12 secção Climatização Geotérmica)



Destacamento do revestimento do tabique



Fissura em reboco



Deterioração do revestimento



**1.2.2 ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO**

**O estudo deve incluir os seguintes passos:**

**1**

**Inquérito (IQ)** aos proprietários e utentes para obtenção de informação relevante para o diagnóstico conforme **Ficha Inquérito** apresentada no anexo .

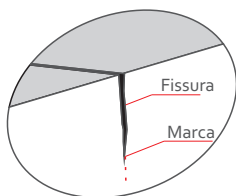
**2**

**Inspeção Visual e Funcional (IVF)** cuidada no local para recolher informação importante sobre o estado de conservação do elemento em estudo e permitir a identificação das patologias.

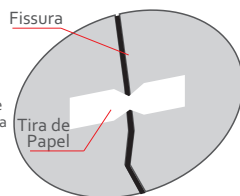
Com uma análise metódica e abrangente que permita o registo e identificação de anomalias dos componentes e dos materiais, muitas das questões relacionadas com a estratégia de intervenção podem encontrar respostas no decurso da inspeção visual preliminar.

**IVF 1**

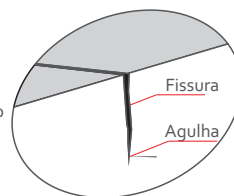
Verificar a existência de fendas, a sua profundidade, abertura e desenvolvimento. Pode ser feita uma análise através de um comparador visual de fissuras. As fissuras podem estar ativas ou estabilizadas, pelo que há interesse em acompanhar a variação da sua abertura ao longo do tempo em diversos pontos do seu desenvolvimento (monitorização). A monitorização pode ser feita de diversas formas desde as mais simples, com fita-cola, gesso ou uma agulha ou mais rigorosas, que exigem equipamento específico como por exemplo a utilização de um fissurómetro ou de um alongâmetro, ver secção **Fichas de Ensaio**.



Assinalar o fim da fissura com uma marca. Uma fissura ativa manifesta-se pela sua extensão além da marca.



O alargamento da fissura faz com que a tira se rasgue. Com a compressão da fissura a tira enrugase-se

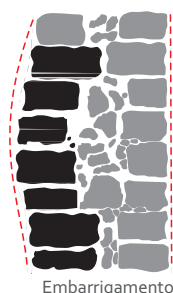


Colocar a agulha ou palito ligeiramente apertado ou então um pouco de gesso na extremidade da fissura. O alongamento da fissura liberta o objecto ou danifica o gesso.

**IVF 2**

Percussão ligeira com martelo de borracha referenciando zonas destacadas ou erodidas e deteção expedita de vazios e delaminações, nas paredes de alvenaria.

**IVF 3**



Embarrigamento

Inspeção da deformação da parede através do uso de um simples fio-de-prumo para deteção expedita de inclinações. Normalmente quando há deformações da parede para fora do plano vertical elas são visíveis a olho nu. Para melhor elaboração do diagnóstico devem ser feitos alguns ensaios específicos como o ensaio com câmara boroscópica, ver **Fichas de Ensaio**.



- IVF 4** Existência de deformações localizadas na alvenaria junto aos apoios das vigas de madeira que pertencem à estrutura da cobertura. Como, neste caso, a causa do problema assenta na deterioração das vigas ou da própria estrutura em madeira, deve consultar-se a secção **Cobertura Captadora**.
- IVF 5** Inspeção dos elementos metálicos existentes (chumbadouros, “gatos”, ou ferrolhos de ferro ou aço) com escorrimentos de ferrugem ou que simplesmente apresentem um aspeto corroído. A corrosão pode ainda provocar a fratura dos revestimentos e das argamassas de junta. Se necessário deve proceder-se à remoção localizada de detritos ou revestimentos através de escova metálica ou de cerda. Para ensaios mais específicos consultar a secção **Fichas de Ensaio** (deteção de metais com pacómetro e medidor de corrosão).
- IVF 6** Inspeção cuidada da parede detetando a presença de vegetação, permanência de microrganismos, roedores, insetos ou a presença de fungos.
- IVF 7** Percussão ligeira com martelo de borracha referenciando zonas destacadas ou erodidas e deteção expedita de vazios e delaminações. Destacamentos de partes do reboco com visualização do suporte (alvenaria de pedra, parede de tabique ou adobe).
- IVF 8** Verificar a existência de pós de cor branca (salitres) na parede. Esta verificação deve ser feita também no interior dos edifícios. A análise pode ser melhorada com a realização de pequenos ensaios para determinação do grau de contaminação por sais, ver secção **Fichas de Ensaio**.
- IVF 9** Proceder à inspeção das superfícies da madeira que servem de suporte à parede de tabique, com a ponta de uma navalha, canivete ou chave de fendas, espetando manualmente com uma força moderada. Se a ferramenta penetrar mais que 6 mm, diagnostica-se uma podridão húmida na madeira. É necessário igualmente detetar a existência de folgas na ligação à parede de suporte, empenos ou deformações. Estas cedências dos tabiques provocam fissuras e desprendimentos aparentes nos seus revestimentos de argamassa, pelo que se deve proceder igualmente a uma inspeção cuidada dos revestimentos.
- IVF 10** Verificar a existência de esfrelamento do adobe que descarateriza a forma geométrica dos tijolos que compõem a parede .



Fendilhação e desagregação dos revestimentos



Deterioração generalizada dos rebocos

### 1.2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Nas opções de reparação podem distinguir-se dois níveis de profundidade de intervenção – Pequena Reparação (PR) e Grande Reparação (GR), diretamente relacionados com o próprio estado de conservação e tendo em consideração os dados fornecidos no estudo e diagnóstico.

No caso destes elementos de parede é importante proceder-se à reparação ou substituição dos materiais degradados com materiais semelhantes aos usados originalmente bem como recorrer a técnicas tradicionais de modo a melhorar a sua durabilidade. A introdução de materiais de substituição modernos e pouco convencionais podem provocar outros problemas que excedem largamente os que despoletaram a degradação, pelo que a opção pela utilização destes materiais não deve ser feita de ânimo leve.



Os trabalhos de reparação não devem ser iniciados antes de solucionar os problemas que originaram a degradação, principalmente de natureza estrutural ou provocados pela existência de humidade. É necessário que um profissional experiente analise e identifique as origens da degradação e a detenha antes de se iniciar a intervenção de reparação (PR ou GR).

**Pequena Reparação (PR)**

Abrange pequenos trabalhos de reparação em zonas danificadas e substituição localizada e não engloba trabalhos de reforço ou consolidação estrutural. Divide-se em três partes conforme o tipo de material base da parede.

**PEDRA****PR1**

Picagem localizada de rebocos das zonas onde se apresentarem soltos ou desagregados e reposição com argamassa semelhante à existente com a utilização de areia ou adição de fibras ou consolidantes de modo a distribuir tensões e evitar a fendilhação. Terminar os trabalhos com caiação, ver PR 29 secção **Parede Verde**.

**PR2**

Aprofundar as aberturas com limpeza e remoção de material solto entre a argamassa nova e os tijolos em adobe. Preencher as juntas com nova argamassa usando uma colher de pedreiro. Se necessário faz-se um aperto da junta 12 a 24 horas após a aplicação.

**PR3**

Limpeza das peças metálicas com remoção das zonas delaminadas e corroídas. Pintura com protetor anti-corrosão. Se houver perda de secção significativa é necessário proceder à substituição das peças.

**PR4**

Limpeza de depósitos de sais existentes no revestimento da parede. Aplicação de produtos anti salitre, utilização de um novo revestimento que permita a "respiração" da parede (argamassa macroporoso) ou eliminação da humidade do terreno (ver GR 12, secção **Climatização Geotérmica**).

**ADOBE****PR5**

Escarificação, remoção e limpeza de material degradado, ou mesmo de tijolos de adobe deteriorados. Substituição no local por materiais com textura e cor semelhantes aos originais. O material degradado pode ser escarificado, retirado e substituído por uma lama de adobe apropriada. Além disso, fragmentos de tijolos originais em adobe podem ser pulverizados, misturados com água e voltados a usar para se remendarem áreas erodidas, desde que não apresentem vestígios de sais. À argila podem ser adicionadas palha, raízes de plantas, etc. O tijolo novo e a área circundante para facilitar uma melhor ligação, molha-se ligeiramente com água (sem ensopar). A humidade em excesso pode provocar deformações. Usa-se sempre uma argamassa tradicional de lama de adobe.



É muito importante não se usar argamassa de cal ou de cimento. Com a expansão e a contração térmica continuada dos tijolos em adobe, as argamassas de cimento e de cal vão provocar a fratura dos tijolos – o material mais fraco – a sua desagregação e eventual desintegração.

**PR 6**

Aprofundar as aberturas existentes até uma profundidade 2 a 3 vezes superior à largura da junta. Preenchimento das fendas ou vazios com uma nova argamassa de adobe usando uma colher de pedreiro ou uma pistola de mástique grande.

**PR 7**

Remoção cuidadosa dos rebentos de plantas para que os seus sistemas radiculares não desloquem o material do adobe. Os sistemas de eliminação de infestantes que envolvam o uso de químicos devem ser cuidadosamente estudados, de forma a se compreenderem os efeitos imediatos e a longo prazo desses produtos sobre a construção de adobe.

### TABIQUE

**PR 8**

Remoção dos revestimentos de argamassa que nestas situações se encontram também deteriorados. Remoção e substituição das partes ou peças deterioradas por madeira não resinosa, seca e tratada. Em alternativa pode optar-se pelo preenchimento das partes soltas ou apodrecidas com cunhas de madeira e resinas epóxi.

**PR 9**

Aprofundar a fissura em V e colocar nova argamassa (reboco bastardo).



A reparação da fissuração está dependente da eliminação das causas que provocam essa mesma fissuração. Se a causa é apenas a retração do material de revestimento, esta reparação (PR 9) será em princípio suficiente. Contudo, se a causa do aparecimento da fissuração é, por exemplo, o empeno da estrutura em madeira, a deformação da parede base onde assenta o tabique, etc., esta reparação será apenas provisória.

**PR 10**

Remoção parcial ou total dos revestimentos. Aplicação de argamassas semelhantes (reboco bastardo por exemplo) sobre rede metálica não oxidável fixada à madeira.

**Grande Reparação (GR)**

Engloba todos os trabalhos necessários à reparação e reforço das paredes feitas por uma equipa especializada.

**GR 1**

Substituição total dos rebocos por rebocos semelhantes aos existentes, em três camadas. Alternativamente, substituição de rebocos com problemas de humidade, por rebocos com composição específica, capazes de facilitar a extração da água em excesso.

**GR 2**

Reforço estrutural através de uma das várias técnicas de reforço e consolidação possíveis. A escolha da aplicação de uma ou outra técnica depende inteiramente do resultado do estudo de diagnóstico. O reforço estrutural tem como objetivo repor a capacidade resistente inicial, aumentar a capacidade de carga ou limitar a deformação da estrutura. As técnicas possíveis são: (i) Consolidação de alvenaria por injeção ou por substituição do material degradado; (ii) Reforço por refechamento de juntas com argamassa, com armadura ou com camada de resina orgânica e armadura; (iii) Reforço com reboco armado; (iv) Reforço com encamisamento; (v) Reforço com materiais compósitos FRP (fibras reforçadas com polímeros); (vi) Reforço com pregagens generalizadas e/ou transversais ou tirantes passivos; (vii) Reforço com recurso a pré-esforço.

**GR 3**

Caso a madeira que constitui as vigas não esteja bem seca poderá, durante o processo de secagem, gerar esforços de torção na viga que induzam esforços de compressão na alvenaria e conseqüentemente esmagamento dos rebocos e da parede. Reparação e substituição de membros em madeira, ver secção **Cobertura Captadora**.

No caso de não haver deterioração da estrutura, uma das soluções poderá passar ainda pela introdução de novos elementos de madeira na estrutura da cobertura para melhor distribuição de esforços.

**GR 4**

Reparação de fendas com grampos, injeções e tirantes. É necessário, no entanto, eliminar a causa do problema (causa estrutural) antes de qualquer intervenção.

**GR 5**

Consolidação das deformações e empenos através do reforço construtivo do tabique. Desempeno ou substituição do ripado.



**1.2.4 PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO**

**Manutenção (M)**

A degradação das paredes deve-se na maior parte dos casos à presença de humidade, que pode provocar danos estruturais graves. São elementos expostos às condições atmosféricas pelo que devem exercer-se periodicamente ações de conservação, nomeadamente limpeza, pintura ou caiação conforme o caso. No caso particular das paredes de adobe é necessário dar especial atenção e recordar que uma manutenção cíclica pode deter o processo natural de degradação, para que a estrutura se mantenha estável. Para cada uma das tipologias analisadas (alvenaria de pedra, tabique e adobe) são descritos alguns dos trabalhos de manutenção a realizar.

**PEDRA**

**Manutenção Anual:**

Inspeção visual referenciando fissuras, zonas degradadas ou erodidas;  
Caiação ou pintura.

**Manutenção de 4 em 4 anos:**

Escovagem e lavagem com água a baixa pressão;  
Eliminação de zonas degradadas, substituição com materiais semelhantes.

**ADOBE**

**Manutenção Anual:**

Monitorização dos estados iniciais de fissuração, deformação ou abaulamento nas paredes em adobe, bem como zonas degradadas ou erodidas;  
Inspeção visual anotando alterações no edifício e registo de danos por ação da água, de plantas, de animais e de insetos;  
Reparação ou substituição dos revestimentos com caiação ou pintura conforme necessário.

**TABIQUE**

**Manutenção Anual:**

Inspeção visual referenciando fissuras, zonas degradadas ou erodidas.  
Caiação ou pintura.

**Manutenção de 4 em 4 anos:**

Eliminação de zonas degradadas e reparação com rebocos adequados.



### 1.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA

A arquitetura tradicional caracteriza-se pelo aproveitamento dos recursos naturais existentes na região e pela adaptação ao clima local. Estes dois aspetos estão bem patentes nas soluções e sistemas das paredes, quer exteriores, quer interiores, que foram descritas atrás.

A seguir são apresentadas algumas estratégias que podem ser utilizadas atualmente, de modo a aumentar a eficácia das paredes incorporando-lhe isolamento térmico sem, no entanto, desprezar o contributo da inércia térmica.

#### 1.3.1 PAREDES DE INÉRCIA TÉRMICA EXTERIORES E INTEGRAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO

##### O ISOLAMENTO TÉRMICO NA FACE EXTERIOR DA FACHADA

Em obras de reabilitação de edifícios tradicionais, que se caracterizam por sistemas construtivos com materiais de elevada massa térmica em pedra ou adobe, torna-se importante que estes não constituam um entrave mas antes sejam valorizadas as suas potencialidades, tornando-se elementos integrantes das novas soluções de intervenção.

No entanto, estas soluções tradicionais, embora assumindo potencial significativo na atenuação das grandes amplitudes térmicas, não são geralmente suficientes para garantir as condições de conforto desejadas e cumprir os requisitos térmicos regulamentares em vigor pois possuem baixa resistência térmica.



Não confunda inércia térmica com resistência térmica!

Paredes com elevada resistência térmica diminuem o fluxo de calor entre os ambientes exterior e interior do edifício! A colocação de isolamento térmico nas paredes fará com que a sua resistência térmica aumente!

Sendo assim, há que tentar integrar e complementar a introdução do isolamento térmico na envolvente e aproveitar a inércia térmica dos elementos que a constituem. Paredes exteriores pesadas com isolamento térmico pelo exterior constituem uma boa solução, permitindo a contribuição do efeito da inércia térmica no interior dos edifícios.



Por razões económicas, em situações de ocupação irregular (não permanente), como sejam escolas, fábricas, edifícios de serviços sem ocupação noturna, a inércia térmica já não apresenta as mesmas vantagens uma vez que nestes locais o que interessa é o aquecimento/arrefecimento imediato dos espaços durante o período de ocupação. Nestes edifícios, se a inércia térmica for elevada, demorar-se-à mais tempo a atingir as temperaturas de conforto, conduzindo a maiores gastos de energia.



### VANTAGENS

O isolamento pelo exterior aproveita a massa térmica das paredes espessas para o armazenamento de calor e regularização das temperaturas;

Aumento da eficiência energética dos edifícios, permitindo reduzir os gastos com as energias convencionais, e conseqüentemente as emissões de gases efeito estufa;

Continuidade do isolamento, o que permite o tratamento das pontes térmicas;

Diminuição do risco de condensações;

O acréscimo de carga estrutural devido à colocação do sistema é mínimo;

Melhoria das condições de impermeabilização da parede;

Sendo os trabalhos realizados pelo exterior, não se torna necessária a ocupação do edifício durante a realização das obras

Inalteração das áreas úteis interiores do edifício;

O custo é razoável, principalmente quando comparado com outras soluções de isolamento exterior (como por exemplo o sistema de fachada ventilada);

Permite manter as características arquitetónicas originais, quando as paredes são revestidas a tinta, com grande variabilidade de acabamentos.



### DESVANTAGENS

Impede a manutenção da pedra à vista;

Aumenta o perímetro exterior do edifício, o que pode não ser possível;

Dificuldade em manter a aparência formal e arquitetónica de alguns edifícios existentes;

Pertencendo a fração a um edifício multifamiliar terá que haver acordo com os condóminos;

Por vezes não é compatível com os alinhamentos dos edifícios vizinhos;

Por vezes implica dificuldade nos remates dos vãos existentes;

É necessária a colocação de andaimes para a realização dos trabalhos;

Fendilhação do sistema;

Vandalismo, vulnerável a choques, principalmente ao nível do rés-do-chão.



## O ISOLAMENTO TÉRMICO NA FACE INTERIOR DA FACHADA

Em obras de reabilitação surge por vezes a necessidade de se recorrer à solução de isolamento pelo interior devido a razões arquitetónicas ou limitações urbanísticas. Neste caso não haverá lugar ao aproveitamento do potencial da massa térmica da parede exterior (uma forma de ultrapassar esta limitação é executar uma parede pesada pelo interior, mas com o inconveniente de reduzir à área habitável).

Com o uso desta solução o interior do edifício adota a faculdade de aquecer mais rapidamente porque o isolamento impede o aquecimento da parede e todo o calor fica acumulado no interior (o que inclusive pode originar aquecimentos excessivos com janelas orientadas a sul, provocando situações de desconforto), mas também ficará mais rapidamente frio. No inverno, durante o período da noite, a baixa inércia térmica fará descer rapidamente as temperaturas, o que provocará a necessidade de recorrer a um sistema ativo de aquecimento como, por exemplo, o ar condicionado.

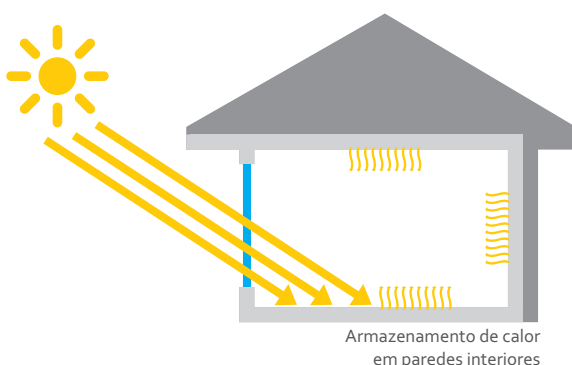
O não investimento no isolamento térmico nos edifícios implica desperdiçar energia constantemente ao longo da sua utilização.



Torna-se fundamental apostar no isolamento térmico das paredes, quer para aumentar o conforto térmico quer para melhorar a eficiência energética dos edifícios.

A colocação de isolamento térmico deve ter em conta o aproveitamento da inércia térmica da parede.

### 1.3.2 PAREDES DE INÉRCIA TÉRMICA INTERIORES



A inércia térmica das paredes e pavimentos interiores reflete-se na capacidade desses elementos em armazenar o calor em excesso do ambiente interior, que vai entrando do exterior por condução através da fachada e mais significativamente através dos vãos envidraçados.

Torna-se importante realçar que o tipo de revestimento desses elementos tem influência no contributo da sua inércia térmica. Por exemplo, revestimentos que tenham características isolantes são penalizadores, reduzindo esse contributo, visto que impedem a passagem de calor para a parede ou laje que revestem.



### 1.3.3 A INFLUÊNCIA DA COR DOS REVESTIMENTOS

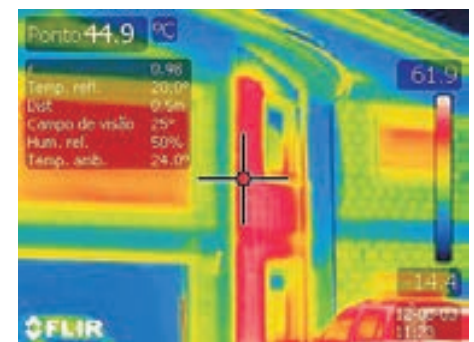
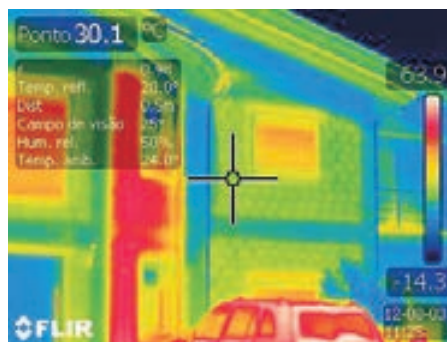
A cor externa da fachada tem uma relação direta com o desempenho térmico dos edifícios na medida em que influencia a absorção da radiação solar incidente.

Ao atingir uma superfície, a energia radiante pode ser absorvida, transmitida ou refletida através do material. Em superfícies opacas, o coeficiente de reflexão é uma propriedade importante com influência quer nos ganhos térmicos, quer na iluminação natural. É importante que a escolha de cores não assente somente em razões estéticas mas também em razões de conforto e desempenho energético do edifício.

Revestimentos de cores claras refletem uma parcela significativa de radiação solar contribuindo para a redução da temperatura da envolvente do edifício, e para desviar a condução de calor para o interior evitando o seu sobreaquecimento. É uma medida bastante económica e que por isso se traduz em poupanças quase imediatas. Ao invés, as cores escuras caracterizam-se pelo seu poder de absorção. Deve, no entanto, ressaltar-se que o avanço tecnológico já permite colocar no mercado tintas absorventes e refletoras independentemente da cor.



Uma fachada de cor branca pode absorver até 30% do calor do sol, enquanto uma escura pode absorver mais de 90%!



Diferença da temperatura superficial entre a cor escura e a cor clara, num dia de verão



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 2.ESTUFA ANEXA







## 2.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

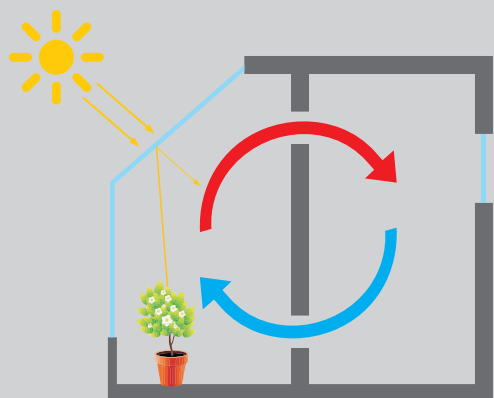
A Estufa Anexa é uma solução bioclimática muito característica das casas tradicionais na região em estudo, à qual ainda nos dias de hoje se recorre com bastante frequência com o objectivo de melhorar as condições de conforto dos espaços interiores.



Gánama, Espanha

Trata-se de um espaço incorporado na envolvente do edifício, na maioria das vezes com ligação direta aos espaços habitáveis. A envolvente exterior da Estufa Anexa é maioritariamente constituída por vidro, que tem a principal vantagem de contribuir para o efeito de estufa, e proporcionar um incremento significativo da melhoria do desempenho térmico do edifício.

### EM QUE CONSISTE O EFEITO DE ESTUFA?



Os vidros são aquecidos pelo sol que emite radiações em todos os comprimentos de onda. A maior parte está dentro da faixa da luz visível que passa dos vidros para o espaço estufa. Alguma dessa energia fornecida pelo sol vai ser absorvida pelos materiais que estão nesse espaço, que aquecem, libertando posteriormente radiação infravermelha. Essa radiação tem um grande comprimento de onda, que, não conseguindo passar pelo vidro, acaba por ficar aprisionada no espaço, aumentando a sua temperatura.



Nos edifícios tradicionais, a estufa e os espaços interiores de habitação utilizáveis encontram-se geralmente separados por paredes de elevada massa térmica que têm a particularidade de absorver a radiação solar durante o dia, libertando-a lentamente para o interior durante a noite, diminuindo a amplitude térmica diária no interior dos edifícios. No verão, de modo a evitar o sobreaquecimento do edifício, recorria-se, muito inteligentemente, ao sombreamento proporcionado pelos beirais da cobertura ou a árvores de folha caduca. Para garantir esta compatibilização de efeitos (maximizar ganhos térmicos no inverno e minimizá-los no verão), a orientação geográfica mais vantajosa e, por isso também a mais utilizada na região, era a sul.



Ledesma, Espanha



### VANTAGENS

- É fácil de construir e incorporar em varandas ou terraços já existentes, permitindo o aumento da área dos edifícios;
- Podem tornar-se espaços de lazer e convívio, propícios ao crescimento e proteção de plantas;
- Exige poucos custos de manutenção e conservação;
- Os materiais a utilizar podem ser correntes, da região, como a madeira;
- Não requer mão-de-obra especializada;
- Permite aumentar os ganhos térmicos no inverno diminuindo as necessidades de energia, o que leva a uma poupança energética e diminuição dos gases efeito estufa.



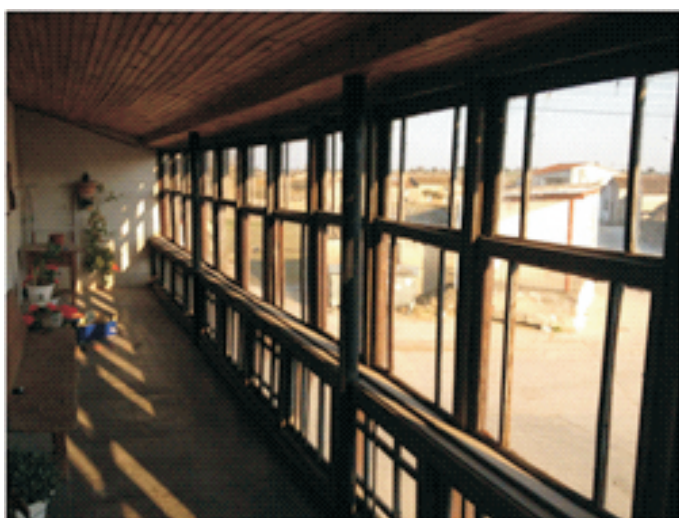
### DESVANTAGENS

- Pode originar aquecimentos excessivos no verão, o que exige mecanismos de circulação de ar, proteção solar ou estruturas móveis (encarecendo a solução);
- Podem verificar-se, em certos períodos, elevadas diferenças de temperatura do espaço estufa anexa para o espaço habitável, causando sensação de desconforto;
- Exige manutenção frequente.



### SINGULARIDADES DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A Estufa Anexa assume-se como um elemento decorativo dos vãos, contribuindo para a composição estética das fachadas, embelezando-as e dando uma traça característica a cada edifício. A partir da análise das várias tipologias de Estufa Anexa, das simples às mais elaboradas, pode concluir-se que estas se integram harmoniosamente no desenho dos alçados, espelhando a imagem de todo o edifício e ainda as possibilidades económicas dos proprietários. Transmitem, além disso, informação acerca da época de construção através da sua variedade de formatos, dimensões e proporções.



Gánave, Espanha



Ledesma, Espanha

A maioria das Estufas Anexas apresenta uma caixilharia em madeira e vidro, com ou sem dispositivos de oclusão noturna pelo exterior como sejam portadas ou estores. Na maioria das habitações da região transmontana, são características as janelas de guilhotina incorporadas nas Estufas Anexas. Já na região espanhola, para além do uso de madeira, é frequente também o uso de ferro forjado, por vezes bastante trabalhado, que marcam e definem a imagem muito particular destes edifícios, caracterizando também diferentes épocas de construção. Os trabalhos em ferro forjado são indicadores de construções mais recentes, dos finais do século XIX, em que se usavam formas florais e onduladas, harmoniosamente trabalhadas, o que traduz uma clara intenção estética.

As Estufas Anexas analisadas situam-se, em alguns casos, num piso intermédio e projetam-se para fora do plano da fachada, sendo necessário para isso prover a estrutura de cobertura própria, ou então, situam-se também fora no plano da fachada mas no último piso pelo que neste caso se aproveita a própria cobertura do edifício.



Bragança, Portugal



Bragança, Portugal



Ledesma, Espanha



## 2.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

### 2.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

As patologias mais frequentes que ocorrem nas Estufas Anexas observadas na região transfronteiriça devem-se inteiramente aos materiais que as compõem, à falta de manutenção associada à ação da humidade e ao próprio envelhecimento e degradação dos materiais. É de realçar que são elementos particularmente sensíveis pela sua localização no edifício, estando sujeitos a uma exposição direta ao sol, que é mais intensa nas zonas expostas a sul e oeste, e ainda sujeitos à ação da chuva e do vento.

Nas Estufas Anexas compostas por estrutura de madeira, os agentes biológicos e atmosféricos são os principais responsáveis pela alteração da resistência e aparecimento de patologias. Como forma de precaver possíveis patologias, recorre-se com alguma frequência à pintura da madeira, funcionando como camada protetora. Dadas as variações de volume das estruturas de madeira (devido essencialmente às alterações do teor de humidade), uma característica importante das tintas a utilizar é a sua elasticidade, que decresce com o decorrer do tempo.

No caso das Estufas Anexas serem compostas por estrutura de ferro forjado, os principais responsáveis pela sua degradação são os agentes atmosféricos e a ação da humidade, que provocam corrosão. A corrosão pode ser definida como a deterioração de um material por ação do meio envolvente, aliada ou não a esforços mecânicos. No caso dos metais, a corrosão consiste geralmente na sua oxidação a qual pode provocar delaminação e perda de secção, alterando deste modo a resistência dos elementos. A deterioração do ferro está também relacionada, na maioria das vezes, com a deterioração da pintura que o protege, provocando a degradação do aspeto visual da estrutura metálica.

Da análise efetuada concluiu-se que as Estufas Anexas são pintadas com tintas de várias tonalidades. A pintura é um material de revestimento responsável pela proteção dos elementos estruturais de ferro às flutuações térmicas ao longo do ano. O sistema de pintura tem também um efeito de barreira, que consiste em dificultar a penetração de agentes agressivos até ao metal, preservando-os da corrosão. Desta forma, para evitar a rápida deterioração dos elementos de metal, os fatores responsáveis pela deterioração da tinta deverão ser rapidamente corrigidos através, por exemplo, de trabalhos de manutenção.

Do levantamento efetuado aos edifícios em estudo foi possível identificar uma série de anomalias, quer para o caso de estruturas de madeira, quer de ferro, as quais se enumeram nos itens seguintes. Para cada uma delas é assinalado o modo de deteção da anomalia (diagnóstico) e a técnica de reparação proposta.



Cova de Lua, Portugal



## MADEIRA

**Deterioração dos elementos de madeira** por ataque de insetos.



Diagnóstico (ver IVF 11)



Possível técnica de intervenção (ver PR 11)

**Existência de empenos** dos elementos de madeira e folgas excessivas nas juntas móveis.



Diagnóstico (ver IVF 12)



Possível técnica de intervenção (ver PR 12, GR 6 ou GR 7)

**Perda de secção e enfraquecimento** devido a falta de manutenção da madeira a ataque de fungos (podridão).



Diagnóstico (ver IVF 13)



Possível técnica de intervenção (ver M, PR 11, PR 12, GR 6 ou GR 7)

**Fendilhação pronunciada na madeira**, devido a tratamento superficial errado, insuficiente ou deteriorado e que não protege a madeira contra os raios ultravioleta.



Diagnóstico (ver IVF 12)



Possível técnica de intervenção (ver PR 14)

**Deterioração da pintura na parte interior**, descasque da tinta devido à existência de humidade de condensação, que penetra por baixo da camada de tinta; fissuração e enrugamento devido à existência de várias camadas de tinta.



Diagnóstico (ver IVF 14)



Possível técnica de intervenção (ver PR 15)

**Deterioração da pintura na parte exterior**, descasque da tinta, pulverização, existência de fendas devido a existência de humidade na madeira, infiltrações, manutenção insuficiente, falta de aderência à última demão de tinta e/ou utilização de tinta contendo um pigmento designado por litopone.



Diagnóstico (ver IVF14)



Possível técnica de intervenção (ver PR 16)

**Degradação dos fechos e ferragens** devido ao uso e à existência de humidade a qual origina a oxidação dos elementos metálicos, comprometendo-se a estanquidade e conseqüente deterioração da madeira. Folgas entre as ferragens e a madeira, conseqüentes de uma manutenção insuficiente.



Diagnóstico (ver IVF 15)



Possível técnica de intervenção (ver PR 17)

**Fratura dos vidros** ou filmes plásticos transparentes devido à existência de ações de origem diversas, como choques acidentais, movimentos estruturais das paredes em que a estufa se insere.



Diagnóstico (ver IVF 15)



Possível técnica de intervenção (ver PR 18)



**Envelhecimento dos materiais** de assentamento e de vedação dos vidros (massa de vidraceiro ou betumes), devido à ação contínua dos agentes atmosféricos. Estes materiais perdem as suas características elásticas, fendilham e desagregam-se e dão origem a desprendimentos e fraturas dos vidros.



Diagnóstico (ver IVF 15)



Possível técnica de intervenção (ver PR 19)

**Degradação de próteses** de madeira na sequência de intervenções anteriores com utilização de madeira inadequada.



Diagnóstico (ver IVF 13)



Possível técnica de intervenção (ver GR 6, GR 7)

### FERRO FORJADO

**Corrosão da caixilharia metálica** e das ferragens (fechos, puxadores, dobradiças), com presença de pó de cor alaranjada (ferrugem) com ou sem escorrimentos e desgaste de secção devido a oxidação do elemento metálico.



Diagnóstico (ver IVF 16 e IVF 18)



Possível técnica de intervenção (ver PR 20, PR 25 ou GR 8)

**Folgas entre a caixilharia metálica** e os vidros e perdas de alinhamento (empenos) devido a falta de manutenção e/ou pressão excessiva exercida sobre a estufa (expansão dos metais devido a fatores térmicos ou de oxidação).



Diagnóstico (ver IVF 18)



Possível técnica de intervenção (ver PR 21 ou GR 8)

**Deterioração da pintura** descasque ou empolamentos da tinta devido à existência de humidade de condensação (parte interior da estufa), que penetra por baixo da camada de tinta acumulação de produtos de corrosão na interface metal/tinta. Fissuração e enrugamento devido a aplicação deficiente de pintura e/ou incompatibilidade de tinta.



Diagnóstico (ver IVF 17)



Possível técnica de intervenção (ver PR 20 e PR 23)

**Fratura dos vidros** devido à existência de ações de origem diversas como seja choques acidentais ou movimentos estruturais das paredes em que a estufa se insere.



Diagnóstico (ver IVF 18)



Possível técnica de intervenção (ver PR 24)



## 2.2.2 ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

1

**Inquérito (IQ)** aos proprietários e utentes para obtenção de informação relevante para o diagnóstico; conforme **Ficha Inquérito** apresentada no anexo .

2

**Inspeção Visual e Funcional (IVF)** cuidada no local para recolher informação importante sobre o estado de conservação do elemento em estudo e permitir a identificação das patologias.

Análise metódica e abrangente que permita o registo e identificação de anomalias dos componentes e dos materiais, já que muitas questões da estratégia de intervenção podem ser respondidas no decurso da inspeção visual preliminar.

No caso das estruturas em madeira, testes feitos com instrumentos de uso corrente como canivetes, escovas metálicas, espátulas ou chave de fendas são normalmente suficientes para determinar anomalias da madeira. A inspeção visual permite identificar fendas, zonas degradadas, ataque por insetos xilófagos, podridões, entre outras.

No caso das estruturas de ferro forjado a inspeção visual permite identificar, em termos gerais, a existência de anomalias na pintura e presença de corrosão.

### MADEIRA

**IVF 11**

Verificar a existência de furos de pequeno diâmetro por pontos na madeira (“madeira picada”) e vestígios de serrim.

**IVF 12**

Verificar a existência de fendas superficiais recorrendo a uma espátula ou canivete para medição da sua profundidade. Inspeção da estrutura de madeira no que diz respeito à existência de empenos verificando a esquadria utilizando um nível e verificar a existência de folgas entre os elementos.

**IVF 13**

Verificar a existência de madeira mole, húmida, com desgaste de secção e existência de fungos ou podridão. Proceder à inspeção das superfícies da madeira em áreas vulneráveis com a ponta de uma navalha, canivete ou chave de fendas, espetando manualmente com uma força moderada. A madeira deve oferecer resistência à penetração a cerca de 2 milímetros abaixo da sua superfície. Se a ferramenta pontiaguda entrar na madeira entre 2 a 4 milímetros, deverá proceder-se apenas a uma manutenção corrente . Se entrar entre 3 a 6 mm, deve efetuar-se uma pequena reparação (PR 11 ou PR 12) para aumentar a durabilidade do elemento de madeira. Se a ferramenta penetrar mais que 6 mm, diagnostica-se uma podridão húmida na madeira. Este diagnóstico poderá ser complementado com a realização de um ensaio descrito em **Fichas de Ensaio**. Neste caso, é necessário efetuar uma grande reparação (ver GR 6). No entanto, quando se detetar a existência de podridão numa área da estrutura de madeira superior a 50%, será necessária uma substituição total.



### IVF 14

Inspecionar o estado de conservação da pintura através do toque (verificar se pulveriza) ou através de uma espátula (verificar se há escamação ou descasque) e analisar a existência de fendilhação ou enrugamento.

### IVF 15

Inspecionar o estado de conservação das ferragens (puxadores, fechos, trincos), verificando se existem dificuldades e ou ineficiências nas operações de abertura e fecho. Inspecionar a existência de vidros soltos ou fraturados e o estado das massas, vedantes e betumes.

### FERRO FORJADO

### IVF 16

Verificar a existência de ferrugem (pós de cor alaranjada) com ou sem escorrimentos (presença de humidade) ou desgaste da secção (as peças apresentam um aspeto corroído).



Quando se verificar que o material apresenta deficiências extremas convém que a avaliação seja feita por um especialista qualificado de modo a que o tipo de intervenção a executar seja o mais adequado.

### IVF 17

Verificar o estado da pintura, nomeadamente a existência de descasque (através de uma pequena espátula) fendilhação ou pulverização (através do toque) da camada de tinta. Poderá ser necessário recorrer a uma recolha de amostras de pintura de diversos pontos da Estufa Anexa, por um técnico especializado. Consoante os resultados obtidos nestes ensaios, o modo a intervir deve ajustar-se ao tipo de tinta que está aplicado (Manutenção (M), Pequena ou Grande Reparação (PR) ou (GR)). Se a tinta for constituída por chumbo deverá efetuar-se um estudo que indique o tipo de precauções, em termos de saúde, mais aconselháveis.

### IVF 18

Verificar o estado geral da estrutura metálica referenciando deterioração dos vedantes, existência de folgas entre diferentes materiais, existência de empenos e deformações, mau funcionamento dos fechos, desapertos, deterioração das fixações, fratura dos vidros, falta de peças decorativas.



### 2.2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Nas opções de reparação podem distinguir-se dois níveis de profundidade de intervenção diretamente relacionados com o próprio estado de conservação, Pequena Reparação (PR) e Grande Reparação (GR), tendo ainda em consideração os dados fornecidos no estudo e diagnóstico.

#### MADEIRA

##### Pequena Reparação (PR)

Engloba pequenos trabalhos de reparação em zonas danificadas e substituição localizada. Engloba ainda a remoção da pintura deteriorada e a preparação das superfícies para aplicação de nova pintura decorativa, com características adequadas à proteção da madeira. Estes trabalhos podem também incluir a remoção e reposição de vidros e ferragens e desinfestação através da aplicação de produtos tóxicos por injeção, fumigação e pincelagem.

##### PR11

Aplicação de produtos por injeção, fumigação, pincelagem.

##### PR12

Remover a tinta para analisar os encaixes para compreender a sequência de construção. Controlar a humidade da madeira e corrigir o empeno utilizando, por exemplo, um cabo de aço tensionado.

##### PR13

Remoção da pintura da área deteriorada. Em zonas pouco degradadas é necessário deixar a madeira secar, impregnar com óleo de linhaça ou betume para madeira, barrar (por exemplo com betume), lixar e aplicar uma camada de pintura.

##### PR14

Remoção da pintura deteriorada. Impregnação as folgas e fendas com massa própria para madeira. Aplicação de uma demão de óleo de linhaça ou de betume para madeira. Lixar e aplicar uma camada de pintura.

##### PR15

Tratamento das áreas degradadas por decapagem. De seguida secar a madeira, impregnar, barrar, lixar e pintar. Todas as tintas soltas ou até mesmo toda a pintura deverá ser decapada e a madeira deve ser repintada.

##### PR16

Decapagem completa das áreas degradadas. Secar a madeira, impregnar, barrar, lixar e pintar. Resolver os problemas de humidade. Todas as tintas soltas, ou mesmo todas as camadas de pintura, devem ser removidas e a madeira deve ser pintada com uma tinta que permita a difusão.



### PR 17

Remoção das ferragens e limpeza com escova de aço ou lixa para remover sujidade e ferrugem (ou decapante). Aplicação de um protetor contra a ferrugem e nova colocação das ferragens. A madeira deve ser decapada e pintada.

### PR 18

Remoção da massa de vidraceiro, substituição dos vidros fraturados por novos vidros com características semelhantes e colocação de nova massa. O vidro, depois de aplicado, deve ser pressionado contra a massa para ficar nivelado e para que se libertem eventuais bolhas de ar. Quando a massa estiver parcialmente seca, devem remover-se os excessos da mesma e, se necessário, pintá-la com uma cor semelhante à da madeira ou revestimento.

### PR 19

Remoção da massa, secagem da área, impregnação e aplicação de nova massa ou betume e pintura.

### Grande Reparação ( GR )

Substituição parcial de peças por material novo ou substituição total, mantendo a conceção original do elemento. A aplicação das técnicas GR 6 ou GR 7 vai depender da avaliação feita na fase de diagnóstico .

### GR 6

Remoção de todos os vidros dos caixilhos. Reparação de marcenaria, em que partes da estrutura de madeira apodrecida ou deteriorada são removidas e substituídas por uma prótese. A prótese deve, tanto quanto possível, ser constituída por madeira semelhante à existente, de boa qualidade e com teor de humidade semelhante. As próteses devem ser coladas com uma cola impermeável. Reforço de encaixes e/ou melhoria das características mecânicas da madeira usando injeções pontuais de cola ou resinas.

### GR 7

Restaurar o elemento existente utilizando técnicas e materiais tradicionais. Remoção da caixilharia da estufa e transporte para uma carpintaria para trabalho de restauro. Remoção das ferragens e seu tratamento. Remoção da massa de vidraceiro antiga, com o cuidado de não afetar a esquadria e os vidros. Raspagem da madeira com lâmina metálica para retirar as imperfeições da madeira. Lixagem com a ajuda de uma lixa e de um taco de cortiça. Reparação de empenos e das folgas nas sambladuras, tendo em conta a redução de dimensões que podem daí advir. Aplicação de massa reparadora de madeira com o objetivo de eliminar fissuras na madeira e/ou substituição de peças. Colocação de massa de vidraceiro e vidros (ver PR 18). Depois da massa de vidraceiro se encontrar bem seca, recolocar as ferragens.

**FERRO FORJADO****Pequena Reparação (PR)**

Engloba pequenos trabalhos de reparação em zonas danificadas e substituição localizada, nomeadamente substituição de perfis de vedação, vidros, massas vedantes, parafusos de fixação e ferragens em geral. Pode ainda englobar trabalhos de limpeza, decapagem, preparação e repintura com esquema de pintura anticorrosiva. Sempre que possível, as técnicas e os materiais utilizados na reparação de qualquer elemento metálico, neste tipo de edifícios antigos, devem ser as mesmas que foram utilizadas no seu fabrico inicial. Este aspeto pode trazer algumas restrições a nível de técnicas e materiais a utilizar.

**PR 20**

Limpeza das superfícies com ferramentas correntes como um rolo ou escova de aço, para tirar a pintura e o óxido. Em alguns casos é necessário usar dissolventes. Quando o elemento apresenta restos de pintura, o mais adequado é utilizar um decapante para os eliminar. O decapante amolece a pintura pelo que permite tirá-la mais facilmente com uma espátula e limpar o pó que eventualmente se forme com um pano. A limpeza das superfícies metálicas pode ainda ser realizada com métodos mais complexos como sejam: limpeza a jato com abrasivo húmido, limpeza a jacto com abrasivo seco, limpeza com chama, limpeza a vapor e limpeza com produtos químicos (ácido ortofosfórico).

**PR 21**

Limpeza da caixilharia de metal (ver PR 20) com eliminação de tinta e ferrugem. Remoção cuidada dos vidros. Proceder ao realinhamento original da estrutura de ferro, puxando as esquadrias por meio de calor ou aperto, consoante a opinião do serralheiro. Colocação de vidros (ver PR 24).

**PR 22**

Substituição de elementos de fixação ou de abertura, como dobradiças e fechos, por elementos semelhantes no caso de estes apresentarem deterioração extrema, de modo a garantir a sua integridade estrutural e funcional. Podem ser adicionados fechos de segurança desde que discretos e permitidos na zona onde o edifício se insere, para melhorar eventuais problemas de segurança.



### PR 23

Quando a região de pintura deteriorada é extensa, deve preceder-se à remoção total da camada de tinta. Quando a deterioração é parcial, pode apenas fazer-se reparações localizadas. Antes de executar novamente a pintura, é essencial uma adequada preparação da superfície que inclui a limpeza e decapagem (por abrasão, chama ou limpeza ácida, ver PR 20) e normalmente a realização de pré-tratamentos de passivação com ácido fosfórico ou ácido crómico para aumentar a aderência entre a tinta e o metal. A adição de inibidores de corrosão (substâncias que diminuem a velocidade do processo corrosivo) solúveis em água é feita a nível do primário. No ferro, o primário, para além de promover uma boa aderência do sistema de pintura ao substrato, tem normalmente uma função anticorrosiva. Segue-se para qualquer dos casos a pintura de acabamento, de subcapa e esmalte, alquídica, acrílica, ou à base de poliuretano.

A pintura, como processo de acabamento, deverá ser semelhante, ou com as mesmas características que as originais. Esta pretensão tem como principal função evitar que surjam incompatibilidades entre os materiais e, conseqüentemente, a sua deterioração precoce. Os esmaltes de aplicação direta sobre o oxidado, hoje disponíveis, são aceitáveis mas menos eficazes.

### PR 24

Remoção do betume tradicional (vedante), substituição dos vidros fraturados por novos vidros com características semelhantes e colocação de novo betume. O vidro deve ser pressionado (pelo interior) contra a massa para ficar nivelado e para que se libertem eventuais bolhas de ar. Quando a massa estiver parcialmente seca, devem remover-se os excessos da mesma e, se necessário, pintá-la com uma cor semelhante à caixilharia ou revestimento.

### PR 25

É necessário ver com detalhe se falta alguma parte e se assim for tentar reconstruir peças novas e fixá-las através de solda.

### Grande Reparação (GR)

Engloba trabalhos de tratamento anti corrosão ou substituição total.

### GR 8

Restaurar o elemento existente utilizando técnicas e materiais tradicionais. Remoção da caixilharia da estufa e transporte para uma serralharia para trabalho de restauro. O desmantelamento deve ser efetuado por meio de aquecimento. As técnicas de reinstalação aplicadas, deverão ser as mesmas que foram usadas originalmente. O posicionamento, bem como o alinhamento, devem ser corretos, de modo a não descaracterizar a fachada. Os elementos de fixação, como os parafusos e as dobradiças, podem ser substituídos por outros semelhantes, desde que não causem impacto visual. Os betumes para efetuar as selagens devem ser semelhantes aos existentes. A tinta a usar para renovação da pintura deverá ter elasticidade suficiente para poder absorver as variações dimensionais das peças metálicas quando sujeitas a variações de temperatura significativas.



## 2.2.4 PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

### (M) Manutenção

A degradação acentuada dos elementos que constituem uma Estufa Anexa deve-se, na maior parte dos casos, ao envelhecimento dos materiais utilizados (madeira, ferro e vidro) e dos revestimentos e acabamentos (tintas e vernizes). São elementos muito expostos às condições atmosféricas pelo que devem merecer cuidados especiais, não só no que se refere à qualidade do sistema de pintura como às necessidades de manutenção, pelo que devem exercer-se periodicamente e em prazos curtos, ações de conservação, o que não elimina a necessidade de reparações e substituições atempadas em caso de danos nos elementos construtivos.

### MADEIRA

A manutenção corrente deverá ser realizada com uma periodicidade entre 4 a 5 anos. Contudo recomenda-se uma inspeção visual cuidada anual de modo a detetar precocemente alguma anomalia.

#### Os trabalhos de manutenção devem incluir:

Limpeza de sujidades, poeiras e gorduras;  
 Remoção de alguma pintura solta, por lixagem no sentido das fibras;  
 Tratamento por pincelagem de todas as superfícies acessíveis com uma camada fina de óleo de linhaça ou com material igual ao existente.

### FERRO FORJADO

As caixilharias metálicas são vulneráveis à corrosão devido ao seu uso frequente e ao colapso dos revestimentos, nomeadamente da pintura. A manutenção deve ser efetuada periodicamente de modo a evitar a deterioração grave do elemento. Trabalhos regulares ajudam a preservar a integridade estrutural e o aspeto estético da Estufa Anexa, evitando assim o uso de métodos caros e evasivos de conservação. Os trabalhos de manutenção devem ser planeados para períodos de tempo seco e todas as intervenções a realizar, devem ser documentadas. De qualquer forma, e a título indicativo, pode dizer-se que alguns dos trabalhos de manutenção corrente deverão ser realizados com uma periodicidade anual e outros de dois em dois anos. As inspeções periódicas (ver secção Inspeção Visual e Funcional) são necessárias e servem de base a uma manutenção eficaz e pelo que devem ser efetuadas igualmente uma vez por ano.

#### Os trabalhos de manutenção devem incluir:

Registo de eventuais elementos soltos, remoção de poeiras ou agentes biológicos, limpeza e lubrificação das ferragens;  
 Raspagem e escovagem das superfícies metálicas com ferramentas manuais e posterior repintura. Reparação de betumes tradicionais, juntas de vedação e ferragens;  
 Opcionalmente, pode aplicar-se uma cera especial para metais, já que este produto também combate a corrosão e evita os efeitos dos agentes externos sobre as peças.



No contexto da reabilitação de edifícios de carácter tradicional deve evitar-se a alteração da sua arquitetura original. Deste modo, desaconselha-se a substituição de peças de madeira por caixilharias em alumínio ou em PVC. Nestas soluções, e para qualquer das opções tomadas, chama-se a atenção para a necessidade de cuidar das questões de ventilação dos compartimentos, já que a vedação quase estanque que estas soluções proporcionam impedirá a ventilação natural que tradicionalmente se processa através das folgas e outras imperfeições da caixilharia de madeira e do material de revestimento (tinta ou verniz). Uma melhoria substancial do comportamento higrotérmico destes elementos poderá causar outras anomalias, como, por exemplo, a formação de humidade de condensação. Nestes casos é necessário tomar medidas para providenciar a renovação de ar, como referido anteriormente.



Ledesma, Espanha

## 2.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA



### 2.3.1 ESTUFA ANEXA

A incorporação da Estufa Anexa como solução bioclimática apresenta benefícios quer na reabilitação, quer em construção nova. Por forma a se otimizarem os ganhos térmicos devem ter-se em conta os seguintes princípios:

A estufa deverá construir-se na fachada orientada a sul de modo a maximizar a captação da radiação solar (orientações com variação de até 30° com a orientação sul terão 90% do aproveitamento térmico máximo);

As superfícies de vidro orientadas a este e oeste deverão ser minimizadas, pois recebem pouca energia térmica por radiação no inverno (dando origem a poucos ganhos térmicos) e provocam, quando as superfícies envidraçadas são desprovidas de dispositivos de oclusão como portadas ou estores, sobreaquecimento no verão. As superfícies envidraçadas orientadas a norte devem ser evitadas, sendo mais favorável para a melhoria do desempenho térmico do edifício a opção por fachadas com isolamento e sem fenestrações;

Entre a estufa e os espaços utilizáveis deverá ser colocada uma parede com massa térmica elevada que absorva a radiação solar e depois a transmita para o interior. A cor da parede influencia a sua capacidade de armazenamento. Cores escuras absorvem mais energia térmica;

A superfície envidraçada pode ser desenhada de forma a ter alguma inclinação para maior aproveitamento de ganhos solares, contudo, esta solução exige cuidados adicionais, nomeadamente quanto à sua resistência a intempéries (queda de neve, granizo), à maior dificuldade na colocação/funcionamento dos dispositivos de sombreamento e à dificuldade de acesso aos elementos para limpeza.



Bragança, Portugal



Em climas frios, como o da região em estudo é aconselhável a utilização de vidro duplo, para reduzir as perdas de calor, contribuindo também para o isolamento acústico. Caso se queira preservar a caixilharia existente deve atender-se à espessura do caixilho que pode condicionar a utilização de vidro duplo. Pode também optar-se pela introdução de vedantes de borracha em pontos críticos e aplicação de tintas, massas e mastiques com melhor desempenho e durabilidade;

As dimensões do vidro devem ser compatibilizadas com a sua espessura, por se tratar de um material frágil;

Devem ser colocados dispositivos de oclusão noturna pelo exterior (como portadas) de modo a minimizar perdas térmicas no período noturno e a evitar situações de sobreaquecimento durante o verão;

Devem ter-se em conta possíveis sombreamentos por edificações ou outros elementos vizinhos;

Deve ser ponderado o isolamento térmico regulável/móvel de toda a envolvente do espaço estufa de tal forma que se possa otimizar com as diferentes necessidades de aquecimento e arrefecimento nas estações de inverno e verão;

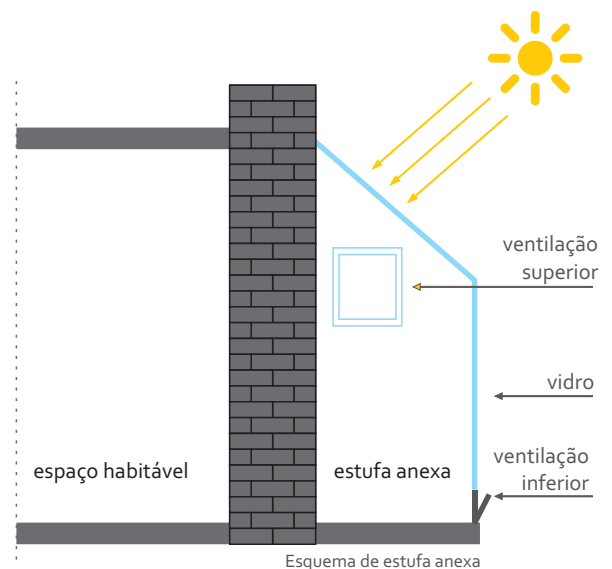
Deverá ser providenciada ventilação controlada de modo a serem evitadas condensações. Havendo transmissão de calor por convecção, as aberturas terão que ser estrategicamente colocadas. O ar quente passa para os espaços habitáveis através de aberturas colocadas na parte superior das paredes e o ar frio contido nestes passa para o espaço estufa através de aberturas colocadas na parte inferior;

Os materiais a utilizar deverão ter em conta a sua pegada ecológica. Por exemplo, a madeira tem a vantagem de ser um elemento natural, disponível na região, aconselhável também pela sua baixa condutibilidade térmica (baixa capacidade de conduzir calor). A parede de armazenamento em pedra, sendo um recurso abundante na região, constitui uma boa solução devido à sua elevada massa e consequente inércia térmica;

A idealização do sistema deverá ter em conta a sua desmontagem e o seu fim de vida para posterior reaproveitamento de materiais.



Puebla de Sanabria, Espanha





### 2.3.2 PAREDE TROMBE

Uma solução semelhante à Estufa Anexa é a Parede Trombe, popularizada nos anos sessenta, mas pouco utilizada na construção atual. A Parede Trombe é uma solução integrada na parede exterior, sendo constituída por um elemento envidraçado, simples ou múltiplo, colocado pelo exterior e por um elemento vertical opaco, colocado pelo interior. De igual modo, a mais-valia do sistema é a sua capacidade de absorção da energia solar, posterior armazenamento e libertação do calor para o interior do edifício. A maior diferença desta solução para Estufa a Anexa é o espaço entre o elemento opaco e o envidraçado que é relativamente pequeno (entre 5 a 20 cm).

As paredes de trombe podem ser ventiladas ou não ventiladas. As não ventiladas são aquelas em que a caixa-de-ar intermédia não apresenta comunicação nem com o ambiente exterior nem com o ambiente interior do edifício. Neste caso, a temperatura do ar entre o vidro e a parede de armazenamento é maior, mas a distribuição de calor é menos uniforme.



Esquema do funcionamento da Parede Trombe adaptado [Gonçalves, 1997]

As paredes de trombe ventiladas poderão conter aberturas na parte superior e inferior permitindo a circulação de ar por convecção entre o espaço de ar e os espaços habitáveis.



Parede Trombe



### PAREDE DE TROMBE, VANTAGENS E DESVANTAGENS



#### VANTAGENS

É fácil de construir e incorporar em edificações;  
 Os materiais podem ser correntes e regionais (madeira, adobe);  
 É uma solução que se integra facilmente na arquitetura do edifício;  
 Exige poucos custos de manutenção e conservação;  
 Não requer mão-de-obra especializada;  
 As oscilações de temperatura no interior do edifício são menores ao longo do ano;  
 Proporciona aumento de ganhos térmicos no inverno diminuindo as necessidades de aquecimento, o que leva a uma poupança energética e diminuição dos gases efeito estufa.



#### DESVANTAGENS

Ocupa espaço na parede, o que pode condicionar a colocação de vãos;  
 ou a diminuição das suas dimensões afetando também a iluminação;  
 As soluções ventiladas podem levar à má utilização por desconhecimento dos utilizadores;  
 Sobreaquecimento no verão, que exige mecanismos de circulação de ar, proteção solar ou estruturas móveis (o que encarece a solução).



Exemplo de aproveitamento do efeito estufa, Centro Ciência Viva de Bragança, Portugal



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 3.COBERTURA CAPTADORA







### 3.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

As coberturas inclinadas revestidas a telha constituem um dos elementos mais caracterizadores da arquitetura tradicional da região transfronteiriça.



Bragança, Portugal

Este tipo de cobertura tradicional, muito atual, garante na perfeição a função principal que se exige a uma cobertura, a da proteção do edifício contra as intempéries do ambiente exterior como a chuva, o vento ou a neve e o fácil escoamento de águas da chuva. A cobertura em telha destaca-se também pela grande capacidade de captação e armazenamento de calor assim como pela permeabilidade ao ar.



Peredo, Portugal

O telhado de duas águas constituído pela composição de dois planos inclinados era o mais simples e o mais utilizado. A sua inclinação, para além das limitações provocadas pela forma do edifício e pela ligação com os edifícios adjacentes, estava condicionada à captação solar e à atuação do vento no local.



Peredo, Portugal

Do levantamento das soluções bioclimáticas feito na região em estudo destacam-se os inúmeros exemplos de coberturas com duas águas, em que a maior vertente se apresenta orientada a sul e a menor a norte. A maior área da vertente a sul permitia maximizar os ganhos solares. A área da envolvente em contato com o exterior (incluindo as paredes), orientada a norte, era diminuída para minimizar as perdas térmicas e atenuar o efeito do vento.

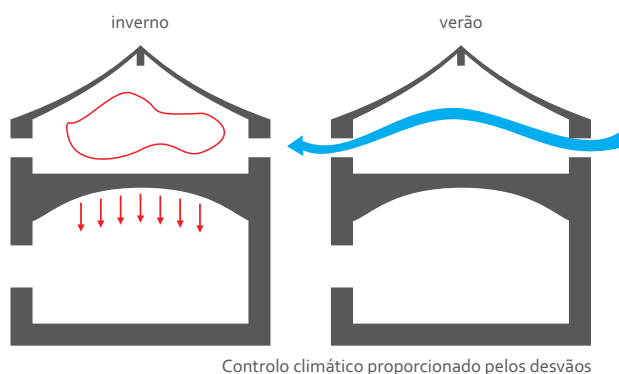


Esta estratégia passiva, que consiste na otimização da forma e orientação da cobertura, está bem patente nos pombais existentes um pouco por toda a área transfronteiriça em estudo, destacando-se claramente a preocupação que existia em orientar a única cobertura existente para sudeste (os raios solares matinais são de grande utilidade para a saúde e a boa forma física dos pombos). O cume onde eram colocadas pedras brancas de quartzo ou pináculos em granito e xisto servia de chamariz e de proteção contra o vento (as correntes de ar são nefastas para o desenvolvimento do pombo).

A fachada curva orientada a norte reduz a superfície em contato com o exterior e atenua os ventos.



Na região concentra-se um dos núcleos mais representativos de pombais, símbolo e marco da paisagem e arquitetura tradicional, infelizmente sujeitos ao abandono e completa degradação. Torna-se necessário que sejam revalorizados e que constituam pontos de referência turística da região e que sirvam também de inspiração para se construir mais em função da natureza.



Outro exemplo curioso de captura de energia térmica através da cobertura, encontrado na região transfronteiriça, relaciona-se com a utilização dos desvãos, existentes em algumas casas rasteiras, utilizados para armazenagem de colheitas, palha e ferramentas agrícolas. Estes espaços tinham a particularidade de efetuarem um controlo climático de uma forma passiva. No inverno os produtos armazenados no desvão eram utilizados como acumuladores de calor, ajudando a aquecer os espaços habitáveis e, no verão, de modo a evitar-se o sobreaquecimento, procedia-se à sua ventilação através de aberturas em lados opostos.



A telha em barro, de meia cana, constitui o material de revestimento mais utilizado nas coberturas tradicionais, possuindo excelentes características, adaptando-se bem à estrutura ligeira de suporte em madeira, sendo de destacar a resistência às amplitudes térmicas, o baixo peso, a durabilidade, a impermeabilidade à água e a elevada resistência mecânica.

Em algumas regiões mais frias, por uma questão de facilidade em obter o material, e onde as necessidades de suprir as condições adversas do inverno se sobrepunham aos problemas de conforto de verão, que não eram tão significativos, recorreu-se à lousa, colocada sob a forma de pedaços irregulares, dispostos uns sobre os outros. Embora menos utilizada que a telha em barro, marca inconfundivelmente o engenho popular e o caráter único das paisagens de algumas aldeias da região.



Rio de Onor, Portugal



### SINGULARIDADES DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A estrutura de madeira é, em geral, muito rudimentar pela simplicidade da sua construção. É constituída por uma armação simples de paus rolados semelhantes aos utilizados nos sobrados e permite, a maior parte das vezes, o aproveitamento do vão da cobertura. Sobre esta estrutura estão pregadas as varas ou caibros, com troncos de madeira de menor dimensão, sobre os quais está assente, em alguns casos, o tabuado. São frequentes também os forros de cobertura sobretudo em colmo, que são colocados sobre o vigamento principal da cobertura ou sobre o ripado.



Exemplos de coberturas em madeira.

O revestimento em telha de meia cana ou em lousa era colocado diretamente sobre os caibros ou sobre o ripado, de duas formas, já que não têm qualquer tipo de encaixe entre si. Em alguns casos a telha ou lousa era fixa com argamassa, o que permitia uma maior estabilidade geométrica dos telhados e a sua estanquidade. Em outros casos a telha ou lousa era simplesmente colocada, sem qualquer ligação, o que torna estes telhados particularmente sensíveis à ação do vento. Neste tipo de edifícios rurais é comum não haver recolha ou encaminhamento das águas das chuvas que é escoada pelo beirado para a rua.



Fermoselle, Espanha

As anomalias existentes na cobertura causam quase sempre o aparecimento de anomalias em outras partes do edifício. A sua manutenção em bom estado de conservação reflete-se na durabilidade do edifício, na economia de energia e no conforto das habitações.



### 3.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

#### 3.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

As coberturas são elementos que estão continuamente expostos à ação da água da chuva, às variações de temperatura, à erosão por poeiras e sedimentos, e à ação do vento, entre outros. As principais anomalias incluem a fratura, o deslocamento de telhas e a abertura de juntas entre as telhas, principalmente nas coberturas em que o revestimento com telha de canudo (ou meia cana) é feito sem qualquer encaixe. Nestes casos, é natural a penetração da água da chuva batida pelo vento através da cobertura. A entrada de água para o interior dá origem à humedificação dos elementos de madeira que, tradicionalmente, constituem a estrutura da cobertura. Alternâncias entre secagem e humedificação provocam anomalias nas peças de madeira como sejam fendas e empenos embora, a maioria das vezes, sem grandes consequências ao nível da resistência mecânica. No entanto, o risco de degradação por diversos agentes biológicos (podridão) aumenta com a presença de valores elevados de humidade e aqui sim, com possível perda de solidez e resistência.

Além disso, a deterioração da estrutura de madeira (deformações, empenos, fraturas) pode trazer consequências a nível da distribuição das cargas e introduzir impulsos horizontais nas paredes de alvenaria onde se apoiam, pelo que podem provocar anomalias (deformações, embarrigamentos) também ao nível das alvenarias, (ver secção **Parede de Inércia**). Neste caso torna-se importante a reparação atempada de toda a cobertura tendo em vista, por um lado, sustentar a progressão da degradação dos materiais ou estruturas e, por outro, repor ou melhorar o seu desempenho.

Faz-se referência, nos itens seguintes, às anomalias detetadas nos edifícios analisados bem como a outras anomalias frequentes neste tipo de elementos. Para cada uma delas é assinalado o modo de deteção e a técnica de reparação proposta.

**Deterioração dos revestimentos de telha**, por fratura ou por desencaixe das telhas.



Diagnóstico (ver IVF 19)



Possível técnica de intervenção (ver M)

**Deterioração dos elementos de madeira** por ataque de insetos



Diagnóstico (ver IVF 20)



Possível técnica de intervenção (ver PR 26)

**Perda de secção** e enfraquecimento devido a falta de manutenção da madeira a ataque de fungos (podridão) e presença de humidade.



Diagnóstico (ver IVF 21)



Possível técnica de intervenção (ver M, PR 26, PR 27, GR 9, GR 10 ou GR 11)

Existência de **fendas** na madeira, devido a causas estruturais (cargas excessivas, insuficiente conceção estrutural) ou originadas por secagem



Diagnóstico (ver IVF 22)



Possível técnica de intervenção (ver PR 28)



### 3.2.2 ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

1

**Inquérito (IQ)** aos proprietários e utentes para obtenção de informação relevante para o diagnóstico conforme **Ficha Inquérito** apresentada em anexo.

2

**Inspeção Visual e Funcional (IVF)** cuidada no local para recolher informação importante sobre o estado de conservação do elemento em estudo e permitir a identificação das patologias de que padece;

Com uma análise metódica e abrangente que permita o registo e identificação de anomalias dos componentes e dos materiais, muitas das questões relacionadas com a estratégia de intervenção podem encontrar respostas no decurso da inspeção visual preliminar.

**IVF 19**

Verificar o estado da cobertura, nomeadamente a existência de telhas ou peças de lousa partidas ou deslocadas, existência de musgos e pequena vegetação, detritos e sujidade em geral, falta de argamassa de ligação. Verificar ainda o estado dos remates e os sistemas de recolha e drenagem de águas pluviais, caso existam.

**IVF 20**

Verificar a existência de furos de pequeno diâmetro na madeira (“madeira picada”) e vestígios de serrim.

**IVF 21**

Verificar a existência de madeira mole, húmida, com desgaste de secção e existência de fungos ou podridão. Proceder à inspeção das superfícies da madeira em áreas vulneráveis com chave de parafusos e formão para avaliação da profundidade ao ataque e determinação da profundidade de fendas. Se a madeira oferece pouca resistência à penetração destes instrumentos significa que existe podridão húmida. Além disso, a madeira apresenta, em geral, uma tonalidade diferente nas áreas afetadas e a existência de manchas de cor clara (fungos). Este diagnóstico poderá ser complementado com a realização dos ensaios descritos na secção **Fichas de Ensaio**. Neste caso é necessário efetuar uma grande reparação (ver GR 9).

**IVF 22**

Verificar a existência de fendas superficiais recorrendo a uma espátula ou canivete para medição da sua profundidade. Inspeção da estrutura de madeira no que diz respeito à existência de empenos. É importante, neste caso, verificar se se trata de uma fenda com origem numa causa estrutural ou se se trata de uma fenda por secagem. Neste caso, é importante a análise da estrutura como um todo recorrendo a ensaios específicos por alguém experiente na área. O tratamento do problema difere consoante se trate de uma ou outra causa.



### 3.2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Quanto às opções de reparação podem distinguir-se dois níveis de profundidade de intervenção (diretamente relacionados com o próprio estado de conservação): Pequena Reparação (PR) e Grande Reparação (GR), tendo em consideração os dados fornecidos no estudo e diagnóstico.

#### Pequena Reparação (PR)

Engloba pequenos trabalhos de reparação da estrutura em madeira em zonas danificadas e reforço localizado com técnicas tradicionais. Engloba ainda a desinfestação através da aplicação de produtos tóxicos por injeção, fumigação e pincelagem e a substituição dos revestimentos em telha ou lousa. Por último, estes trabalhos podem incluir a desmontagem das caleiras, algerozes e acessórios e a sua substituição total ou parcial por materiais e dispositivos novos, promovendo a eficácia do funcionamento.

#### PR 26

Desinfestação de elementos de madeira, com eliminação dos insetos xilófagos através da aplicação de produtos tóxicos por injeção, fumigação, pincelagem. Estes produtos não devem ser tóxicos ao homem nem ao ambiente.

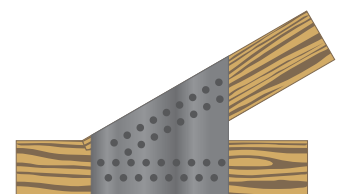
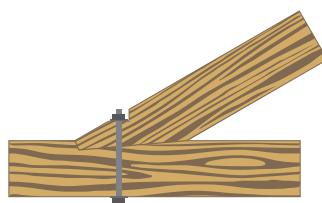
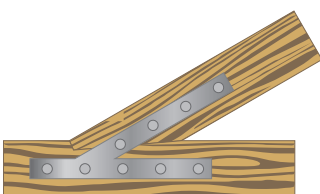
#### PR 27

Reforço localizado dos elementos estruturais de madeira (ligações, apoios) através de fixação de peças metálicas, em particular nas uniões e apoios, fixadas aos elementos de madeira através da introdução de ligadores do tipo cavilha (pregos, cavilhas ou parafusos de porca). Introdução de chapas metálicas em ambas as faces, aparafusadas ou aplicação de empalmes de contraplacado ou chapa de aço.

Reparação localizada de fendas nos elementos estruturais de madeira através da colocação de cintas metálicas (cintagem) pregadas ou aparafusadas diretamente nos elementos atravessando a fenda ou aplicação de empalmes laterais metálicos, de madeira, ou, mais recentemente, de contraplacado ou equivalente, envolvendo a fenda.



Esta reparação por métodos tradicionais de simples aplicação traz, no entanto, algumas desvantagens. No caso da reparação de fendas, a intervenção proposta impede apenas a sua progressão, não fechando completamente a fenda. A utilização de empalmes laterais, faz com que a zona com a anomalia fique oculta não se sabendo se há progressão ou não do problema. Além disso, estes métodos tradicionais provocam bastante impacto visual.



Reforço das ligações em estruturas de madeira



**PR28**

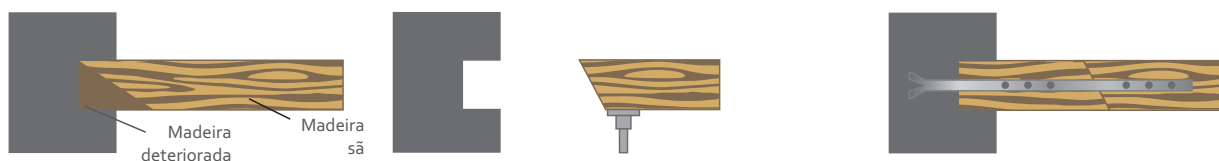
Reparação tradicional dos elementos estruturais de madeira que apresentem zonas apodrecidas ou enfraquecidas ou fendas com alguma profundidade, aproveitando a maior parte da madeira, com manutenção dos materiais originais. Aplicação de cunhas de madeira nos espaços a preencher com injeção de colas epoxídicas ou colas estruturais. A cunha de madeira deve ser do mesmo tipo de madeira da do elemento original. Raspagem da peça para retirar as imperfeições, lixagem para alisar as superfícies da madeira de modo a restituir a sua cor e textura original e aplicação de uma camada espessa de cera com auxílio de um pano para proteção e acabamento final.

**Grande Reparação (GR)**

Engloba todos os trabalhos necessários à reparação e reforço da madeira, realizados por uma equipa especializada.

**GR9**

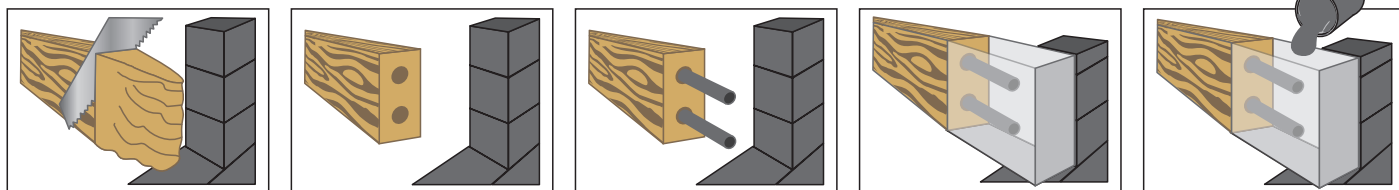
Reparação de partes da estrutura de madeira apodrecida ou deteriorada através da sua substituição por uma prótese. O procedimento consiste no corte e remoção do troço de madeira degradado e a colagem das próteses com uma cola impermeável. A prótese deve ser constituída por madeira semelhante à existente, tanto quanto possível, de boa qualidade e com teor de humidade semelhante. Reforço dos encaixes e da ligação da madeira nova com a estrutura existente usando injeções pontuais de cola ou resina, ou ligadores metálicos aparafusados. Neste caso a estrutura necessita de escoramento antes de se proceder à intervenção.



Esquema prótese madeira

**GR10**

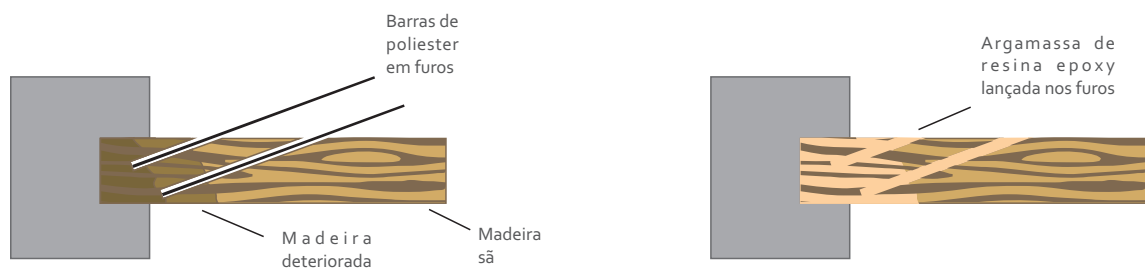
Reparação de apoios deteriorados por meio de próteses coladas através do corte e remoção do troço de madeira degradado, execução de furos para introdução de varões de poliéster, de aço ou de fibras. Colagem dos varões com cola estrutural. Construção de uma cofragem que envolva os varões e tenha a forma e dimensões da peça original deteriorada. Colocação de argamassa epoxídica dentro do molde. A estrutura, neste caso, necessita de escoramento antes de se proceder à intervenção. O modo de furação, colocação dos varões, cofragem, etc., depende da acessibilidade à estrutura a reparar, a qual deve ser adaptada a cada caso.



Exemplo de reforço com prótese

### GR11

Reparação de apoios deteriorados. Furação da madeira desde a zona sã até à zona deteriorada. Introdução de varões de poliéster, aço, fibra de vidro ou fibra de carbono. Injeção de resina epóxi para reconstituição de zona deteriorada de viga de madeira, através dos furos.



Reforço com barras e resina

### 3.2.4 PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

#### (M) Manutenção

A limpeza, desobstrução e reparação periódicas dos elementos drenantes da cobertura como ralos, caleiras, algerozes, funis e tubos de queda, é essencial para evitar a penetração de água no interior das envolventes. Os revestimentos das coberturas em telhado são relativamente isentos de conservação, bastando mantê-los limpos, arranjar ou substituir uma ou outra telha deslocada ou partida. Estes trabalhos devem ser feitos pelo menos uma vez por ano na altura da primavera. No entanto, a estrutura em madeira deve ser verificada regularmente.

### 3.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA



A arquitetura tradicional deixou-nos alguns bons exemplos de estratégias passivas de adequação das coberturas às condições climáticas locais, que otimizavam a forma, a inclinação, a orientação, a área das vertentes, os materiais e as suas cores. Torna-se importante que estas questões façam parte integrante do projeto.

Seguidamente são apresentadas algumas estratégias atuais para aumentar a eficácia das coberturas através da incorporação de isolamento térmico e integração de sistemas solares que, embora considerados sistemas ativos, permitem efetuar o aproveitamento de uma energia renovável com todas as consequências positivas que daí advêm.

#### 3.3.1 AUMENTO DA EFICÁCIA DA COBERTURA: A INCORPORAÇÃO DO ISOLAMENTO TÉRMICO

Sendo a cobertura a envolvente mais exposta e vulnerável do edifício, por onde também se perde mais energia, principalmente em zonas como a região transfronteiriça onde predominam os meses frios, é necessário que haja uma particular incidência no seu estudo quer na reabilitação quer em construção nova.



Montesinho, Portugal

Muitas das coberturas tradicionais apresentam anomalias, fruto da degradação progressiva ao longo do tempo, precisando urgentemente de intervenções de reabilitação. Estas coberturas não possuindo qualquer tipo de isolamento térmico não oferecem as condições de conforto que os seus habitantes tanto desejam.

No verão as coberturas estão muito expostas à ação dos raios solares que elevam a temperatura superficial das telhas, conduzindo a um elevado fluxo de calor descendente (do exterior para o interior). O isolamento térmico interferirá no fluxo de calor reduzindo-o e diminuindo os ganhos térmicos. No inverno, a temperatura interior, como é maior que a do exterior, o fluxo de calor tem sentido ascendente. Neste caso o isolamento térmico trava esse fluxo de calor, reduzindo as perdas térmicas.

Torna-se, por isso, imperativo que qualquer intervenção constitua uma oportunidade para melhorar os aspetos menos positivos das coberturas tradicionais.



Se vai fazer obras de intervenção na cobertura da sua casa, não desperdice a oportunidade de lhe colocar isolamento térmico!

Para além do conforto térmico, a colocação de isolamento permitir-lhe-á poupar dinheiro com a diminuição das necessidades de consumo de energia.

A colocação de isolamento nas coberturas dependerá da sua forma, da sua constituição e da extensão da intervenção que se faça ao edifício. Terá que haver uma perfeita adaptação às novas funções e às restantes especialidades, nomeadamente à estrutura. O estudo de reabilitação energética, pela importância que assume, deve ser feito por um especialista na área de modo a agregar mais valor à solução, sem esquecer a multidisciplinaridade que algumas soluções exigem.

Os isolamentos térmicos para aplicação em coberturas podem ser vários. Os mais correntes são o poliestireno extrudido (XPS) e o poliestireno expandido (EPS). Aconselha-se que a escolha do isolamento tenha em conta as suas características (comportamento à água, ao fogo, isolamento acústico, etc), e as funções de utilização. Será necessário analisar qual é o seu efeito ao longo do período de vida (se é natural, reciclado, eficiente na poupança energética, impermeável, incombustível, etc).

Na maioria dos casos as coberturas inclinadas dos edifícios tradicionais não possuem qualquer desvão. Nestes casos a solução ideal de colocação de isolamento será sempre pelo exterior, colocado sobre a estrutura de suporte. Entre o revestimento exterior (a telha) e o isolamento deve ser assegurada uma lâmina de ar ventilada para evitar a degradação dos materiais.



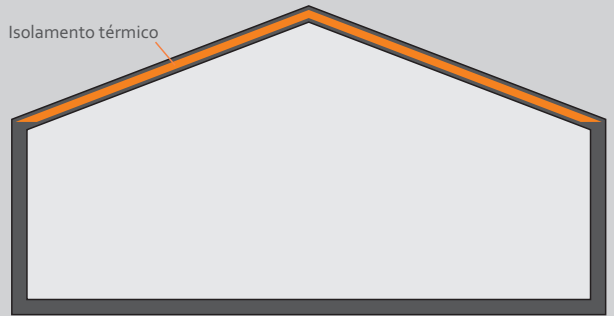
### VANTAGENS

- As obras fazem-se pelo exterior não havendo interferência com a normal utilização do edifício;
- Aproveitamento da inércia térmica da estrutura de suporte;
- O isolamento protege a estrutura de suporte diminuindo o risco de condensação;
- A continuidade do isolamento permite que sejam reduzidas possíveis pontes térmicas;
- Mantém-se o pé direito;
- Permite que a estrutura de suporte fique à vista contribuindo para o efeito estético dos espaços interiores.

Caso exista um desvão não habitável, a solução recomendada será a colocação de isolamento térmico sobre o pavimento do desvão, para que este possa ser ventilado. Esta solução é mais económica que a anterior e de mais fácil execução, não interferindo com o telhado.



Isolamento térmico

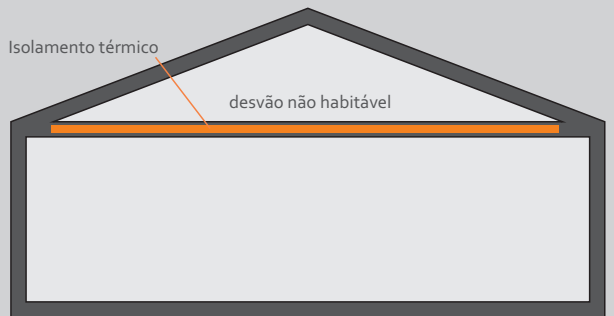


Incorporação de isolamento térmico na vertente da cobertura



Isolamento térmico

desvão não habitável



Incorporação de isolamento térmico no desvão não habitável



Lembre-se...é mais simples do que você pensa! Se a sua casa tem um desvão não habitável a simples colocação de isolamento térmico sobre o seu pavimento permitir-lhe-á poupar muita energia ao longo do ano! Poderá ter períodos de retorno do seu investimento inferiores a 5 anos!



### 3.3.2 AUMENTO DA EFICÁCIA DA COBERTURA: CAPTAÇÃO ATIVA COM SISTEMAS SOLARES

Portugal e Espanha encontram-se perante alguns desafios que lhes estão a ser impostos a uma escala europeia e mundial no que concerne à substituição das energias fósseis por energias endógenas, mais protetoras do ambiente, como sejam as derivadas do sol, do vento, da água e da terra.

Quer Portugal, quer Espanha apresentam-se como países privilegiados no conjunto dos países europeus no que diz respeito à disponibilidade destes recursos naturais. O sol apresenta-se como uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos estes novos desafios.

A energia solar pode ser aproveitada e utilizada para a produção de energia térmica e elétrica através de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, respetivamente.

Realçam-se as imposições regulamentares, quer para edifícios novos quer para grandes renovações, respeitantes ao recurso a sistemas de aproveitamento de energias naturais tais como o uso de coletores solares para o aquecimento de água (obrigatório quer em Portugal quer em Espanha).

Para além dos benefícios que a utilização dos sistemas solares têm numa escala global (sustentabilidade do planeta) e numa escala regional (dinamização da economia e diminuição da dependência energética), localmente a produção de energia agregada ao edifício apresenta-se como uma medida que traz benefícios diretos aos utilizadores dos edifícios, através de poupanças energéticas e em melhorias de conforto térmico ao longo da utilização do edifício.

Saliente-se o progresso tecnológico que estes sistemas têm tido, perspetivando-se uma tendência decrescente dos seus custos e um aumento da sua produtividade, tornando os investimentos nestas soluções mais atrativos.

As coberturas constituem o espaço ideal para a colocação dos sistemas solares. Para além de permitirem uma elevada captação solar, sem riscos acrescidos de sombreamento que interfira com a sua produtividade, podem integrar-se facilmente na cobertura, como se dela fizessem parte, quer a nível construtivo, quer a nível arquitetónico. Por outro lado, permitem o aproveitamento de um espaço que de outra forma não teria mais utilidade, salvando a ocupação de um espaço de logradouro ou outro ao nível do solo.

Torna-se lógico que terá de haver um desenho arquitetónico contextualizado com a envolvente e compatível com as restantes especialidades de projeto. Será necessário considerar todos os fatores que possam influenciar a produtividade dos sistemas, tais como a superfície disponível, a orientação do edifício, a inclinação das vertentes e a existência de sombreamentos, entre outros.



Lembre-se a energia mais barata é a que não se consome!



### VANTAGENS

Fonte de energia vasta e infinita (o sol);  
 Aumento da eficiência energética dos edifícios, permitindo reduzir os gastos com as energias convencionais, e consequentemente as emissões de gases efeitos estufa (GEE);  
 Diminuição do pedido de energia elétrica à rede nacional (no caso dos fotovoltaicos);  
 Baixo custo de funcionamento;  
 Sistemas com elevado tempo de vida útil;  
 Rápida instalação;  
 Podem ser instalados em qualquer tipo de edifício, novos ou existentes.



### DESVANTAGENS

É necessário recorrer a um sistema de armazenamento de energia solar;  
 Custos elevados de instalação;  
 Fraca fiabilidade dos elementos auxiliares, como elementos de armazenamento (baterias), no caso dos fotovoltaicos.



Integração de sistemas solares, Bragança, Portugal





# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 4.PAREDE VERDE







## 4.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

A utilização de espécies vegetais em paredes de edifícios é um hábito bastante antigo, que ainda hoje marca a paisagem da região transfronteiriça em estudo. A escolha das diferentes espécies para ornamentar os edifícios assenta frequentemente em trepadeiras de folha caduca. No entanto, foi também possível identificar o recurso a vegetação de folha persistente e plantas decorativas que preenchem total ou parcialmente a fachada como se de um revestimento se tratasse.

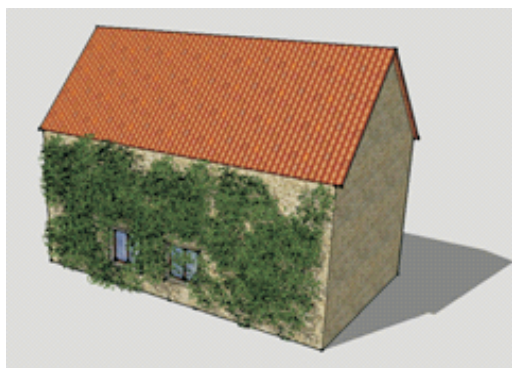


Trabanca, Espanha

Algumas das paredes tradicionais incorporam um sistema de suporte (mísulas) existente na própria alvenaria, que serve de guia ao crescimento das plantas acima da cornija dos telhados, tornando bem evidente a função que a vegetação assume como elemento integrador da envolvente do edifício. Em qualquer caso, as espécies vegetais crescem a partir do solo e vão apoderando-se das paredes que lhes servem de apoio, podendo por vezes ser munidas de estruturas de suporte distanciadas da habitação.



Pormenor do sistema de suporte ("mísula")



Preenchimento total ou parcial da parede



Vegetação com estrutura de suporte em madeira ou metálico

Uma das principais funções que a vegetação assume nos edifícios é o sombreamento no verão. A escolha ideal em climas com verões quentes e invernos frios assenta nas espécies de folha caduca.



No verão, as folhas das plantas caducas provocam sombra e absorvem a radiação solar (permitindo a entrada de luz) enquanto no inverno a queda das folhas permite a exposição do edifício à radiação solar, provocando um aumento de temperatura nos espaços interiores.



As paredes verdes ou paredes vegetais, são sistemas vivos que constituem, uma solução bioclimática onde as plantas assumem o papel principal contribuindo significativamente para a preservação da biodiversidade. Refrescam as nossas paisagens, purificando o ar. O efeito de regulação do clima, das temperaturas, da humidade, da atenuação do vento, cria espaços que oferecem agradáveis sensações de conforto. O efeito da luminosidade e das sombras criadas bem como o cheiro que proporcionam criam ambientes aprazíveis. As suas cores e texturas que vão variando ao longo das diferentes estações do ano criam riqueza nas paisagens.



## 4.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

### 4.2.1. ANOMALIAS IDENTIFICADAS

O desenvolvimento da vegetação que constitui a Parede Verde pode levar ao aparecimento de anomalias, em geral pouco preocupantes se houver o cuidado de efetuar manutenção adequada. As anomalias mais graves podem surgir devido à penetração dos ramos em elementos como as paredes e coberturas, proporcionando folgas entre as telhas e alargamento de juntas, e ao ataque biológico e químico dos revestimentos. Além dos referidos efeitos mecânicos, a existência de vegetação muito próxima do edifício a qual cobre, por vezes, as paredes e a cobertura, pode provocar a obstrução de grelhas, algerozes, caleiras e tubos de queda.

Para além destes aspetos, a sujidade é a principal anomalia detetada nas fachadas dos edifícios analisados na região transfronteiriça. As pedras que compõem as alvenarias dos edifícios antigos são, em geral, habitadas por organismos de várias categorias, como sejam bactérias, algas, fungos e líquenes. O facto de existir vegetação próxima das paredes aumenta a probabilidade de existirem estes agentes biológicos. Neste caso é essencial proceder-se à limpeza das pedras que constituem as alvenarias, normalmente o xisto e o granito, com reposição das juntas e limpeza ou reparação do revestimento, no caso de edifícios rebocados e caídos. A conservação da pedra por meio de limpeza periódica deve ser, no entanto, feita com grande cuidado para evitar perda de pedra original, principalmente no caso do xisto. Existem, atualmente vários métodos para limpeza de pedra, com base em água, calor, químicos e tratamentos mecânicos. No entanto, o seu uso é restrito a situações de reabilitação de edifícios de grande porte (normalmente monumentos históricos) pelos custos associados.

A intervenção em Paredes Verdes deve incluir a manutenção das juntas em bom estado de conservação, no caso de alvenarias de pedra à vista e a limpeza regular da alvenaria garantindo a conservação da pedra em condições ideais. Também, é fundamental efetuar uma manutenção adequada e periódica da vegetação garantindo o seu desenvolvimento saudável sem prejuízo dos componentes e elementos do edifício.

### 4.2.2. ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

Com vista à deteção de eventuais anomalias na Parede Verde é suficiente a elaboração de uma inspeção visual periódica.

**Inspeção Visual e Funcional (IVF)** cuidada no local para recolher informação importante sobre o estado de conservação do elemento em estudo e permitir a identificação das patologias.

A inspeção deve debruçar-se na análise da ligação entre a parede e o telhado, em particular os beirais, remates à volta de platibandas, chaminés, claraboias ou outros elementos salientes como caleiras, ralos e algerozes. Deve incluir também a verificação do estado de conservação da alvenaria.



### 4.2.3. TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Nas opções de reparação apenas se faz referência a uma possível intervenção.

#### Pequena Reparação (PR)

Inclui uma série de trabalhos que devolvam o aspeto original das fachadas como remoção de detritos, limpeza, substituição de rebocos ou juntas e finalmente pintura ou caiação.

#### PR 29

Remoção total das raízes e ramos a mais. Limpeza das sujidades por escovagem, usando escovas macias e pulverizações de água evitando, se possível, o uso de escovas metálicas, já que no caso de rochas brandas e/ou deterioradas, este método de limpeza é desaconselhado. No caso de musgos e líquenes, muitas vezes é necessário fazer uma remoção prévia por meios mecânicos, normalmente espátulas, seguida do uso de biocidas. Não devem ser utilizadas soluções ácidas ou básicas, pois danificam fortemente a pedra. A limpeza com jacto de partículas abrasivas muito finas é aceitável se for usada uma pressão baixa. Estas operações devem ser bem fiscalizadas, pois quem efetua o trabalho tem uma tendência natural para aumentar a pressão de modo a obter maior rendimento na operação. No entanto, nestes casos, o aumento do rendimento é feito apenas à custa da destruição exagerada da superfície de pedra.

Substituição de rebocos ou juntas deterioradas com uma argamassa semelhante à existente, geralmente à base de cal e com materiais tradicionais existentes na região. Nas juntas é aconselhável a execução de um adequado aperto. No caso de ser necessário a substituição total dos rebocos é preferível a realização de duas ou três camadas com traços distintos de modo a tornar um pouco mais impermeável a camada mais exterior.

Por fim, deve proceder-se à caiação, se for o caso, de preferência na primavera. A parede deve ser previamente molhada com água, através de uma trincha ou mangueira e preparada com uma demão de água de cal, aplicada com a trincha em todos os cantos e reentrâncias. Cerca de um dia depois (12 a 24 horas) pode aplicar-se a primeira demão com leite de cal bem esfregada nos cantos e reentrâncias da base, cruzando-se as pinceladas. A segunda demão pode ser aplicada 24 horas depois da primeira, mas de uma forma mais leve sem se esfregarem nem cruzarem as pinceladas. Mas de uma restantes demãos aplicam-se da mesma maneira que a segunda demão, sempre espaçadas de 24 horas entre cada aplicação.



Não se deve cair rebocos / estuques novos de argamassas de cimento, betão, tijolos, telhas e terracota bem como sobre ardósias e alvenarias com vestígios de humidade ascensional, salitres, ferrugem e poeiras.



As argamassas de cimento apresentam tendência para fissurar e são mais propícias ao aparecimento de salitres, pelo que deve evitar-se a utilização de cimento na sua composição em construções antigas de alvenaria de pedra.



Pelas suas propriedades térmicas, favorecem também o aparecimento de humidade por condensação. Além disso, são materiais demasiado rígidos pelo que não acompanham os movimentos proporcionados pelos outros elementos das paredes. Por último, as argamassas de cimento não são compatíveis, também, com a imagem do edifício, nomeadamente quanto à cor, textura e modo como refletem a luz. Por tudo isto, tornam-se construtiva e esteticamente inadequadas. Apresentam bons resultados, aparentemente, a curto prazo, mas podem levar, mais tarde, ao destacamento completo do reboco e a nova intervenção no edifício. Pelo exposto, a utilização de argamassas de cimento em edifícios antigos não é recomendável.

#### 4.2.4 PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

##### Manutenção (M)

Os trabalhos de manutenção da solução Parede Verde estão inteiramente relacionados com a conservação e arranjo da vegetação envolvida pelo que se devem realizar trabalhos ao longo do ano de modo a manter saudável a(s) espécie(s) que constituem a Parede Verde. Apresentam-se nos itens seguintes os trabalhos a realizar em cada uma das quatro estações do ano.

##### Verão

Renovar as plantas decorativas anuais caso existam e façam parte da Parede Verde.

##### Outono

Manter limpo o logradouro, removendo as folhas;  
 Podar as sebes, arbustos e árvores, ou seja, a vegetação da Parede Verde;  
 Inspeccionar o telhado, em particular os beirais, remates à volta de platibandas, chaminés, claraboias ou outros elementos salientes, caleiras, ralos, algerozes e limpá-los de ramos, folhas e outros microrganismos.

##### Primavera

Remover folhas e ramos caídos. Sachar a terra à volta das plantas persistentes.  
 Podar sebes, arbustos e árvores;  
 Verificar danos provocados pelo inverno ou pela existência da Parede Verde;  
 Limpar caleiras e verificar falta de telhas, anomalias em platibandas, beirais e eliminar detritos;  
 Verificar as paredes exteriores quanto a orifícios e fendas, reparando e pintando;  
 Desobstruir os vãos de janelas e portas preenchidos com a vegetação da Parede Verde incluindo caixilhos e molduras.



### 4.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA

Nos últimos anos, com o crescimento acentuado das áreas urbanas, o Homem foi-se afastando do contato com a natureza. O descontrolo do crescimento das edificações com uma significativa ocupação do solo e sem uma adequada preservação dos espaços verdes tem causado a diminuição da saúde ambiental das cidades.

Identificada a necessidade de melhorar a qualidade do meio urbano e tornando-se imprescindível atuar em termos sustentáveis, é prioritário que soluções como as Paredes Verdes sejam incluídas na arquitetura urbana. Tal como as Coberturas Verdes, as Paredes Verdes podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade do meio urbano, com a particularidade de minimizar o efeito agressivo da verticalização dos edifícios e de proporcionar um impacto imediato aos nossos olhos, tornando as nossas cidades mais verdes.



Madrid, Espanha

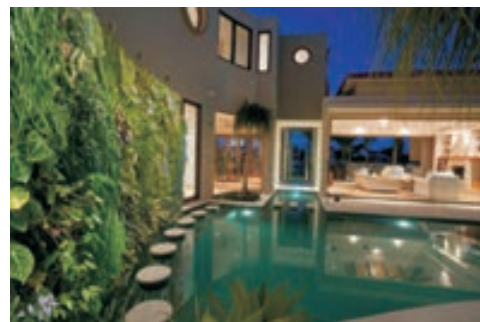


Mogadouro, Portugal

É de registar o recente aparecimento de novas formas de atuar nas paredes dos edifícios utilizando a vegetação, que se diferencia bastante das soluções simples tradicionais. Arquitetos e botânicos têm trabalhado no desenvolvimento de sistemas inovadores, com recurso a irrigação automatizada e substratos mais leves que vão tornando possível diminuir as necessidades de manutenção.



Existem já vários sistemas disponíveis no mercado, patenteados por diversas empresas. As soluções são variadas, podendo ser feita uma combinação das diferentes variedades vegetais, aromáticas, ervas, hortaliças em que o suporte pode ser composto por módulos em material cerâmico, plástico ou de metal.



Sistemas inovadores de paredes verdes, [www.unusualgreen.com](http://www.unusualgreen.com)

### OS SISTEMAS VEGETAIS VERTICAIS PODEM SER CLASSIFICADOS EM:

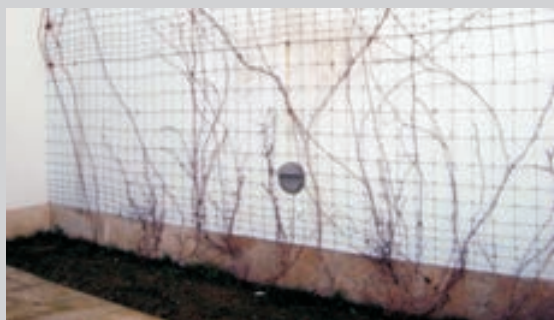


Fachada vegetal tradicional, Bragança, Portugal

#### **A - Fachadas vegetais**

Neste tipo de sistema incluem-se as fachadas vegetais tradicionais e as fachadas de dupla pele. As fachadas de dupla pele caracterizam-se pela existência de um suporte à vegetação, como por exemplo cabos, malhas ou redes metálicas.

Na generalidade trata-se de sistemas extensivos porque são de fácil instalação e requerem pouca manutenção. Além disso, podem utilizar-se estruturas especialmente desenhadas para o efeito, independentes da estrutura do edifício.



Fachada dupla pele, Centro de Arte Contemporânea Graça Morais Bragança, Portugal

Na introdução desta solução bioclimática são apresentados exemplos das fachadas vegetais tradicionais, caracterizadas por plantas trepadeiras (hera, videiras) que crescem a partir do solo e dele se alimentam, praticamente sem qualquer intervenção humana.

#### **B- Paredes vivas e jardins verticais**

Este tipo de sistema caracteriza-se por painéis pré-cultivados ou módulos verticais fixos à parede através de elementos estruturais que fazem parte da envolvente do edifício.



Exemplo de jardim vertical, [www.verticalgardenpatrickblanc.com](http://www.verticalgardenpatrickblanc.com)

As plantas desenvolvem-se a partir de sistemas intensivos porque a vegetação requer manutenção e a instalação é mais complexa, existindo já algumas soluções mas muito divergentes quanto ao modo de instalação.



Um sistema vegetal vertical constitui uma solução bioclimática que se adapta bem a qualquer tipo de edifício. É importante criar pequenos ecossistemas, seja plantando unicamente uma árvore, um jardim de cobertura ...ou, porque não, uma fachada verde? Lembre-se de que as plantas devem ser adequadas ao clima local para minimizar a sua manutenção, evitando gastos excessivos.



### VANTAGENS

- Aumento da biodiversidade;
- Melhoria do microclima dos centros urbanos, tendo um efeito de arrefecimento e aumento da humidade no ar, reduzindo o efeito da ilha de calor;
- Melhoria da qualidade do ar através da emissão de oxigénio, reduzindo a concentração de CO<sub>2</sub>;
- Aumento da eficiência energética, permitindo reduzir os gastos com as energias convencionais, e consequentes emissões de gases efeito estufa (GEE);
- Proteção dos edifícios contra radiação solar;
- Melhoria do isolamento térmico e acústico;
- Contribuição para a retenção da água das chuvas preservando os sistemas de drenagem urbanos e diminuindo os riscos de inundação;
- Transmissão de bem-estar, calma e tranquilidade aos ambientes construídos;
- A vegetação pode ser utilizada em qualquer tipo de parede, incluindo ambientes internos;
- Permitem o cultivo de vegetação comestível;
- Agrega valor aos edifícios, tornando-os num ponto de interesse;
- Contribuem para a maior durabilidade dos edifícios, pois diminuem a amplitude térmica.



### DESVANTAGENS

- Manutenção periódica, com maior frequência para os sistemas intensivos;
- Custos de instalação elevados principalmente com os sistemas intensivos;
- A camada de substrato em sistemas intensivos torna-os mais pesados, acarretando maiores custos;
- Se o sistema não for aplicado de forma correta, pode originar infiltrações de água e humidades no edifício;
- Se as espécies não forem bem escolhidas pode levar:
  - À produção excessiva de folhas e ramos secos;
  - Ao consumo excessivo de água;
  - A danos estruturais provocados pelas raízes.



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 5.ESPAÇO DE TRANSIÇÃO ORIENTADO







## 5.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

As varandas, os alpendres e as galerias constituem elementos chave essenciais na organização espacial dos edifícios da arquitetura tradicional.

Eram estrategicamente incorporados na envolvente por forma a exercerem a sua principal função, de transição gradual entre os ambientes exterior e interior.

Para além disso algumas destas soluções permitiam que os edifícios se diferenciavam assumindo uma identidade própria, através da incorporação de elementos em pedra e madeira com alguns detalhes ornamentais.



Freixo de Espada à Cinta, Portugal



Os espaços situados ao nível da rua, de receção ao visitante, servem de resguardo para proteção contra o vento e a chuva.



Fariza, Espanha



Villardiegua de la Ribera, Espanha

Ao nível do primeiro andar, servem como “camarotes” para contemplar as paisagens ou proporcionarem uma vista privilegiada sobre os acontecimentos ou festejos locais.



Sendim, Portugal



Muitos destes espaços orientados a sul têm na cobertura uma aliada que se responsabiliza pelo eficiente aproveitamento da energia solar, permitindo no inverno que os raios solares tenham incidência direta nos envidraçados e paredes, e provocando-lhes sombreamento no verão.



La albañeza, Espanha

Abrigados do vento e do frio, os Espaços de Transição, eram projetados para as pessoas disfrutarem do ambiente exterior sem sair de casa, constituindo muitas vezes locais recatados de lazer propícios ao convívio entre famílias e amigos.



Rio de Onor, Portugal

Independentemente da principal função que exerçam em cada edifício, todos estes espaços são elementos de integração com o meio ambiente e atenuadores das diferenças climáticas, contribuindo em grande medida para a regularização das diferenças de temperaturas entre o exterior e o interior.



### 5.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

#### 5.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

Os Espaços de Transição Orientados são locais onde se combinam diversos elementos construtivos (paredes, coberturas, escadas) assim, como materiais (madeira, pedra, argamassa e tinta). As anomalias de que padecem são características do próprio envelhecimento dos materiais, da sua exposição a agentes atmosféricos e biológicos e à presença de humidade. A descrição dessas anomalias, causas prováveis, modo de as diagnosticar, bem como trabalhos de manutenção e reparação foram já descritos nas soluções anteriores.

**Anomalias existentes nas paredes de alvenaria de pedra, de adobe ou tabique**

Ver Secção 1. Parede de Inércia

**Deterioração da madeira que constitui a estrutura da cobertura e guardas das varandas**

Ver Secção 3. Cobertura Captadora

**Colonização biológica dos elementos de pedra (normalmente em granito) que constituem pilares de suporte da cobertura em madeira**

Ver Secção 4. Parede Verde



Deterioração da madeira



Colonização biológica da pedra granítica



Colonização biológica da pedra granítica

### 5.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA



Com vista a eficiente integração dos espaços de transição nos edifícios, é fundamental que se conheça o percurso do sol, que varia ao longo do dia e das diferentes estações do ano. Estes espaços, preferencialmente orientados a sul, podem incrementar o conforto térmico global permitido pelo edifício.

As palas, beirais dos telhados e os próprios elementos constituintes das varandas, alpendres ou galerias, deverão fazer parte da estratégia de sombreamento do edifício como protetores à penetração da radiação solar no interior dos seus espaços, o que se pretende no verão. Ao invés, no inverno, os elementos de sombreamento deverão permitir que quer as paredes, quer os envidraçados, fiquem expostos à radiação solar. Esta otimização de ganhos solares poderá traduzir-se no dimensionamento desses elementos recorrendo à geometria solar.

Importa realçar que os ganhos solares através dos envidraçados podem ser muito significativos uma vez que apresentam pouca resistência à radiação solar, logo, interessa que estejam protegidos de adequados elementos de sombreamento.

#### PRINCÍPIOS PARA DIMENSIONAR ELEMENTOS DE PROTEÇÃO SOLAR

**No inverno** interessa maximizar os ganhos solares.

Os vãos envidraçados a sul terão maior incidência da radiação solar já que o percurso do sol faz com que os ângulos dos raios solares lhe sejam quase perpendiculares.

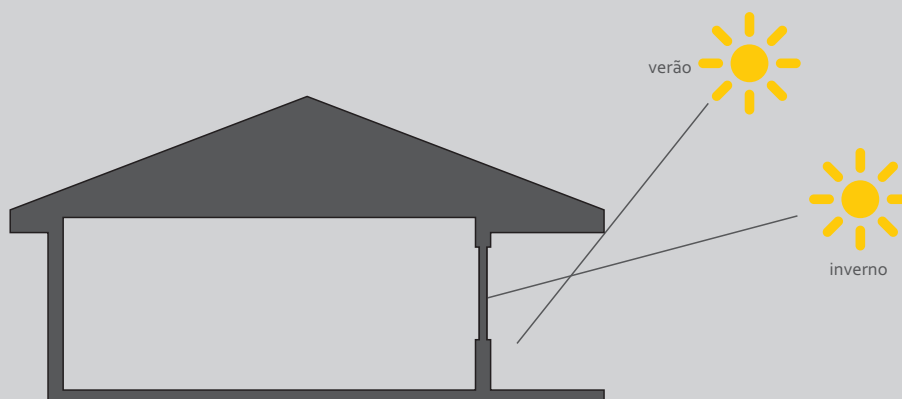
Qualquer elemento de sombreamento deve permitir a entrada de radiação solar pelos envidraçados no inverno.

**No verão** interessa minimizar os ganhos solares.

Os vãos envidraçados orientados a sul são facilmente sombreados com elementos horizontais (basta uma pala de reduzidas dimensões), já que o percurso do sol faz com que os ângulos dos raios solares sejam quase perpendiculares à cobertura.

A nascente e a poente o percurso do sol faz com que os ângulos dos raios solares sejam quase perpendiculares aos envidraçados, sujeitando-os a elevadas cargas térmicas. Os elementos de sombreamento deverão permitir sombrear na vertical, principalmente a poente.

Qualquer elemento de sombreamento deve evitar o sobreaquecimento, sombreando os envidraçados no verão.





Os dispositivos de sombreamento podem ser ajustáveis, externos ou internos ao edifício (tais como toldos, persianas ou venezianas). Por serem ajustáveis apresentam-se como uma ótima solução na medida em permitem que sejam os próprios ocupantes a ter controlo na gestão dos ganhos solares.

Uma das soluções que pode ser adotada em reabilitação, de fácil execução, é tornar estes espaços em estufas anexas de modo a aproveitar o efeito de estufa no inverno. Existem soluções com sistemas de correr, muito versáteis, que se adequam às diferentes estações.

Para além de contribuírem para o embelezamento dos locais, as plantas ou árvores de folha caduca apresentam-se como uma ótima solução de regularização climática, promovendo o aquecimento dos espaços no inverno e o arrefecimento no verão podendo também constituir excelentes barreiras contra o vento (ver secções **Cobertura Verde e Parede Verde**).



Árvore de folha caduca no verão



Árvore de folha caduca no inverno

Para além dos elementos de sombreamento que fazem parte do edifício é necessário entrar em consideração com outros fatores que possam afetar os ganhos solares, tais como os edifícios vizinhos, muros, árvores e o próprio relevo.

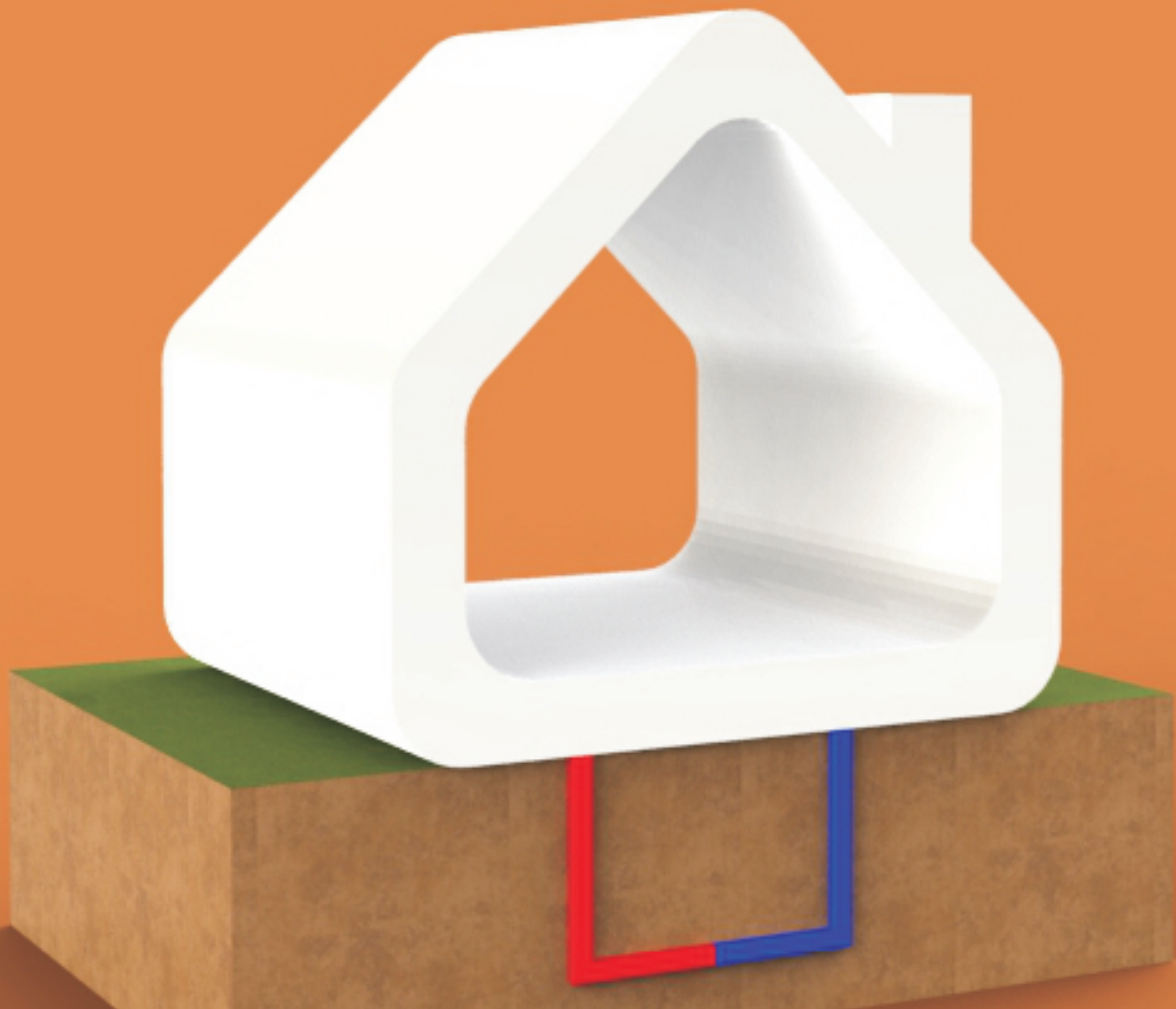
A escolha de cores claras para os elementos de sombreamento é preferível às cores escuras, uma vez que refletem mais a radiação solar e permitem melhores desempenhos quanto à iluminação natural.

A aplicação deste princípios de dimensionamento, se bem planeada em fase de projeto, não traz custos acrescidos e traduz-se em poupanças significativas ao longo da utilização dos edifícios. Em projetos de reabilitação existem algumas limitações na adoção destas estratégias uma vez que na maioria dos casos não é possível atuar livremente na integração de novos sistemas construtivos. No entanto, todas as alterações que se possam traduzir em melhorias de conforto térmico e energético deverão ser equacionadas e ponderadas.



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 6. CLIMATIZAÇÃO GEOTÉRMICA







## 6.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

A caverna e os abrigos rochosos foram das primeiras moradas do Homem primitivo. Resguardados do contato com o ambiente exterior, ofereciam ao ser humano um refúgio de proteção contra os animais e os inimigos bem como um abrigo permanente contra as mudanças climáticas extremas.

O solo, mesmo nas suas camadas mais superficiais, contém uma considerável quantidade de energia que o sol se encarrega de renovar diariamente. Tem a particularidade de apresentar temperaturas constantes, durante todo o ano, que vão aumentando com a profundidade. Estas temperaturas constantes são fáceis de constatar quando entramos em espaços de edifícios enterrados, verificando que no verão são frescos e no inverno apresentam temperaturas amenas.



Villarino de los Aires, Espanha

O aproveitamento das características do subsolo é feito na região transfronteiriça em análise desde há muito tempo, refletido um pouco por todo o lado em construções semienterradas e por isso mais abrigadas das intempéries. Os espaços enterrados, sem qualquer iluminação natural, escavados em terra ou em pedra, por vezes muito toscos, nos quais é perceptível o esforço que houve em conquistar cada metro à dura rocha, eram na maior parte das vezes utilizados para a conservação de alimentos e vinhos.



Em los Arribes del Duero a arquitetura foi muito influenciada pela atividade vinícola da região do Douro, que encontrou na elevada massa térmica da pedra e do solo uma aliada, permitindo obter espaços eficazes para a conservação do vinho, com temperaturas e humidades controladas.

Podem ser encontradas nesta região, sob as edificações mais de mil bodegas subterrâneas escavadas em granito a uma profundidade de 5 a 6 m que comunicam entre si, formando um autêntico labirinto.



Famoselle, Espanha



Famoselle, Espanha



Devido às suas características típicas e também ao conforto que proporcionam, principalmente no verão, algumas "bodegas" transformaram-se entretanto em autênticos espaços de convívio, nomeadamente em bares e restaurantes e locais turísticos, preservando e dando a conhecer o seu contributo no valioso património sociocultural da região do Douro.

### SINGULARIDADES DO SISTEMA CONSTRUTIVO



Aspetto da tijoleira das abóbadas

Os tetos de alguns dos espaços enterrados, nomeadamente das "Bodegas", são formados por abóbadas de alvenaria de pedra ou de tijolo, ou por arcos sucessivos, os quais permitem a estabilidade estrutural destes espaços.

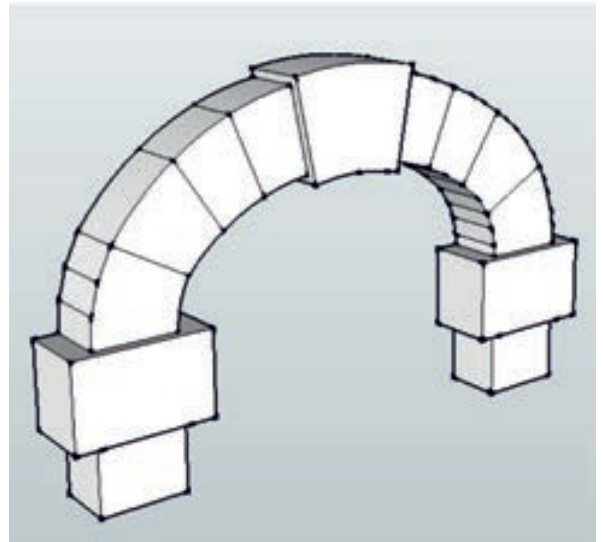
A abóbada é criada pela translação de um arco e pode ter diversos tipos de traçados, recebendo designações segundo o seu perfil, faces e elementos. As abóbadas mais comuns são abóbadas de aresta em tijoleira, com ou sem revestimento final constituído por reboco, pintura ou estuque.



Os arcos são elementos construtivos em curva, geralmente em pedra, que emolduram a parte superior de uma abertura ou passagem e que suportam o peso proveniente do solo. As tipologias encontradas são diversificadas, tendo-se verificado existirem arcos abatidos, romanos e em ogiva.



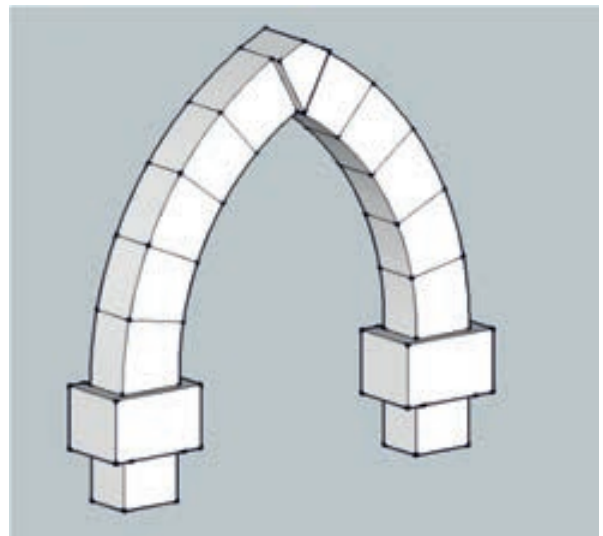
Fermoselle, Espanha



Arco abatido



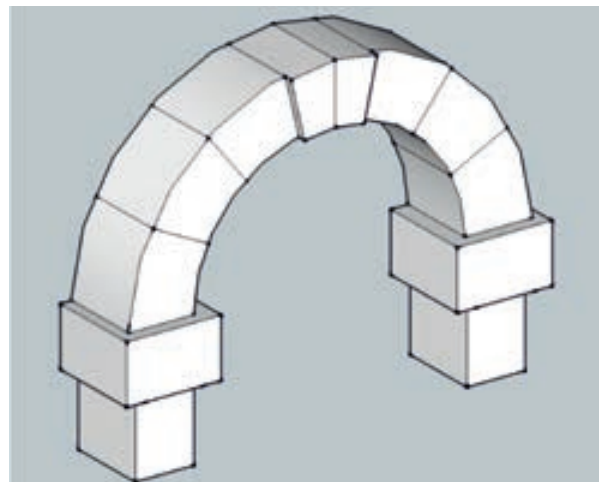
Fermoselle, Espanha



Arco em ogiva



Fermoselle, Espanha



Arco romano

6.2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

6.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

A análise das anomalias respeitantes a esta solução bioclimática vai exclusivamente centrar-se nos espaços enterrados utilizados para a permanência de pessoas, por tempo limitado (ou não).

Em certos casos, a cota do nível freático impede a permanência de pessoas nestes espaços enterrados, pelo que têm um uso como adega, armazém, entre outros. Relativamente aos espaços habitados ou espaços de convívio e lazer, nomeadamente, com serviço de bar e/ou restaurante, a presença de água representa um dos principais problemas, pois é responsável pela maioria das anomalias existentes, sobretudo se apresentam revestimentos em reboco e estuque. As anomalias identificadas nestes espaços estão também relacionadas com o tipo de solo ou rocha e com a tipologia construtiva dos arcos e abóbadas que os constitui.

As estruturas em arco e/ou abóbada estão sujeitas a efeitos mecânicos como sejam movimentos do terreno, ação sísmica, alterações das cargas atuantes (existência de água no intradorso, permanência e circulação de veículos pesados à superfície, entre outros) e também a ações acidentais que provocam danos estruturais e afetam a estabilidade global da estrutura. A estabilidade é o problema mais grave no estudo de estruturas em arco ou abóbada. A existência de fendilhação é frequente nestes elementos e podem ser um indicador do estado da estrutura. No entanto, em certos casos, o colapso dá-se sem pré-aviso pelo que qualquer decisão que envolva a sua conservação ou reparação deve ter por base uma cuidada avaliação da segurança da estrutura. Os trabalhos de intervenção deverão ser capazes de restabelecer a estabilidade estrutural, prevenir o colapso frágil ou, se necessário, aumentar a sua capacidade de carga. Nestes casos, poderá ser necessário recorrer-se a empresas especializadas em técnicas de intervenção para reforço da estrutura.

Enumeram-se nos itens seguintes as anomalias identificadas no levantamento efetuado. Para cada uma delas é indicado o modo de deteção da anomalia (diagnóstico) e a técnica de reparação proposta.

**Existência de salitres**, devido à presença de sais e de água.



Diagnóstico (ver IVF 23)



Possível técnica de intervenção (ver PR 30, PR 31 ou GR 12)

**Existência de infiltrações de água**, manchas de humidade devido a humidade ascensional ou humidade do terreno.



Diagnóstico (ver IVF 24)



Possível técnica de intervenção (ver GR 12 ou PR 31)

**Fendilhação** dos revestimentos, rebocos ou da própria alvenaria, devido à presença de água ou causas estruturais.



Diagnóstico (ver IVF 25)



Possível técnica de intervenção (ver PR 32 ou GR 13)



**Desagregação das superfícies das paredes** e tetos (pedra, reboco, estuque, pintura) ou da argamassa das abóbadas, com ou sem desprendimento, devido à presença de água ou causas estruturais.



Diagnóstico (ver M)



Possível técnica de intervenção (ver PR 33)

### 6.2.2 ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

1

**Inquérito (IQ)** aos proprietários e utentes para obtenção de informação relevante para o diagnóstico conforme **Ficha Inquérito** apresentada no anexo.

2

**Inspeção Visual e Funcional (IVF)** cuidada no local para recolher informação importante sobre o estado de conservação do elemento em estudo e permitir a identificação das patologias.

Com uma análise metódica e abrangente que permita o registo e identificação de anomalias dos componentes e dos materiais, muitas das questões relacionadas com a estratégia de intervenção podem encontrar respostas no decurso da inspeção visual preliminar.

IVF 23

Verificar a existência de pós de cor branca (salitres) em determinadas partes da parede, teto ou pavimento, que denunciam a existência de sais. Esta análise pode ser melhorada com a realização de pequenos ensaios para determinação do grau de contaminação por sais, (ver **Fichas de Ensaio**).

IVF 24

Verificar a existência de manchas de cor mais escura em determinadas partes da parede, teto ou pavimento, as quais denunciam a existência de humidade. Esta análise pode ser melhorada com a realização de pequenos ensaios para determinação do teor de humidade, ver **Fichas de Ensaio**. Verificar ainda a existência de infiltrações de água (escorrimentos de água) e relacioná-la com determinada época do ano (acompanhar a análise com a informação adquirida no inquérito (ver **Ficha de Inquérito**).

IVF 25

Verificar a existência de fendas, sua localização (juntas, reboco, pedra) e sua extensão, largura e profundidade. Perceber se há evolução ao longo do tempo dessa fendilhação e se coincide com algumas épocas do ano. A análise e monitorização das fendas e fissuras deverão ser realizadas com muito cuidado pois podem fornecer informação útil acerca do estado da estrutura, pelo que deverão ser feitos por uma empresa especializada, (ver **Fichas de Ensaio**).



É necessário verificar a existência ou não de tirantes em aço, pregagens ou fixadores metálicos, o seu estado de conservação e a função estrutural desempenhada. É igualmente necessário verificar a existência de deformações, flechas e desaprumes na estrutura, (ver **Fichas de Ensaio**).



### 6.2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Nas opções de reparação podem distinguir-se dois níveis de profundidade de intervenção (diretamente relacionados com o próprio estado de conservação) e tendo em consideração os dados fornecidos no estudo e diagnóstico.

#### Pequena Reparação (PR)

Engloba pequenos trabalhos de reparação em zonas danificadas e deterioradas, com desagregação e desprendimento de material, limpeza de salitres, bolores e reaparição de pequenas fendas.

#### PR30

Limpeza de depósitos de sais e bolores que eventualmente existam no revestimento da parede. Aplicação de produtos anti-salitre, utilização de um novo revestimento que permita a "respiração" da parede (ver PR 30) ou eliminação da humidade do terreno (ver GR12).

#### PR31

Substituição ou colocação de um revestimento novo através da aplicação de um reboco macroporoso em três camadas, disponível no mercado. Este reboco possui uma rede de canais que facilita a evaporação rápida da água e tem capacidade para armazenar sais e suportar a sua expansão.

#### PR32

Reparação e reforço das paredes fendilhadas através da picagem do intradorso e avivamento das fissuras existentes. Injeção de caldas ou argamassas à base de cal hidratada e cal hidráulica e/ou pozolanas. Poderá ser necessário o escoramento do intradorso. Em caso de fissuras com aberturas superiores a 10 mm, além da introdução das caldas, a reparação deverá ser reforçada com grampos em aço inox.

#### PR33

Limpeza e escovagem das argamassas e tijoleiras através de lavagem com água, limpeza química ou projeção de abrasivos. Eliminação de materiais soltos ou desagregados. No caso de ser impossível a utilização de água devido às condições das argamassas e tijoleiras, a limpeza poderá ser feita por escovagem manual com recurso a nebulização pontual com uma solução apropriada e a utilização de escovas de pequenas dimensões. Preenchimento de paredes e abóbadas com tacos de tijolo com dimensões idênticas aos originais e refechamento de juntas, se possível, com argamassas de composição e tonalidade idênticas às originais.



**Grande Reparação (GR)**

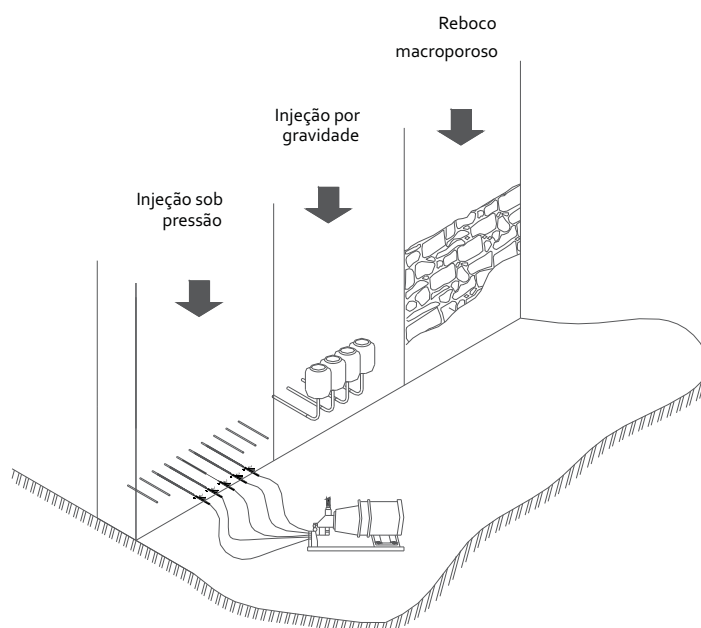
Esta intervenção inclui uma descrição sumária de duas técnicas de intervenção, de modo a evitar o aparecimento de humidade ascensional e/ou humidade do terreno assim como uma série de técnicas com o objetivo de consolidar e reforçar a estrutura. As técnicas de reforço devem ainda ser o menos intrusivas possível, levando em consideração a possibilidade de reversibilidade e ainda utilizar os materiais mais compatíveis com o material original. Deverão ser trabalhos a executar por uma empresa especializada na área.

**GR 12**

Colocação de uma barreira química para eliminação da humidade ascensional através de injeção de produtos hidrófugos no interior das paredes sob pressão ou por gravidade.

**GR 13**

Reforço estrutural através de uma das várias técnicas de reforço e consolidação. A escolha da aplicação de uma ou outra técnica depende inteiramente do resultado do estudo de diagnóstico. O reforço estrutural tem como objetivo repor a capacidade resistente inicial, aumentar a capacidade de carga ou limitar a deformação da estrutura. As possíveis técnicas são: (i) Consolidação de alvenaria por injeção ou por substituição do material degradado; (ii) Reforço por refechamento de juntas com argamassa, com armadura ou com camada de resina orgânica e armadura; (iii) Reforço com reboco armado; (iv) Reforço com encamisamento; (v) Reforço com materiais compósitos FRP (fibras reforçadas com polímeros); (vi) Reforço com pregagens generalizadas e /ou transversais ou tirantes passivos; (vii) Reforço com pré-esforço.



Técnicas de intervenção para eliminar a humidade ascensional



### 6.2.4. PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

#### Manutenção (M)

A manutenção corrente deverá ser realizada com uma periodicidade anual e trianual de modo a detetar precocemente alguma anomalia. A extensão e natureza das ações de conservação, baseadas essencialmente em inspeções periódicas devem ser suficientes para manter o nível de segurança necessário a estas estruturas.

#### Manutenção Anual

Limpeza dos sais, com produtos apropriados de preferência pouco agressivos;  
 Inspeção visual para detetar o aparecimento e desenvolvimento de fendas e fissuras, desagregação das superfícies, assim como possíveis desaprumes ou outras deformações.



A limpeza periódica dos sais não significa que se eliminou a causa do problema. Os salitres aparecem por existir água a circular nos elementos (paredes, tetos, pavimentos). Para se eliminar a causa que é base do problema há que proceder a trabalhos mais complexos que englobam a resolução do problema da humidade ascensional ou humidade do terreno, ver GR12.



Para a eliminação da humidade nos espaços enterrados é necessário garantir a estanqueidade à água proveniente do terreno ou por capilaridade. No entanto, a aplicação de certas pinturas ou revestimentos muito estanques diminui a "respiração" das paredes, tornando-as impermeáveis ao vapor e aumentando o risco de aparecimento de novas patologias.



### 6.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA

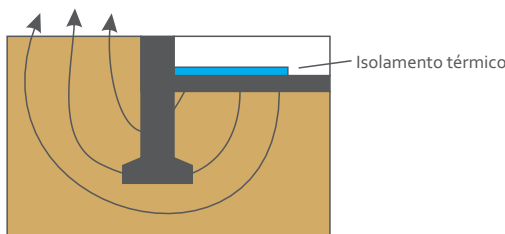
As soluções tradicionais de aproveitamento das temperaturas do solo e da sua inércia térmica tornam evidentes as suas potencialidades, quer em reabilitação quer em construção nova. Apresentam-se a seguir algumas estratégias que podem ser utilizadas, quer em reabilitação quer em construção nova, para otimizar este recurso.

#### 6.3.1 CONSTRUÇÕES SEMIENTERRADAS

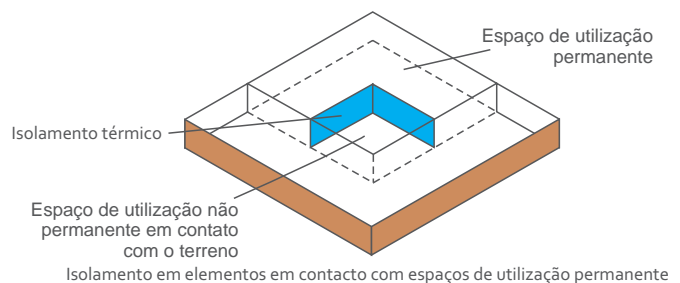
Os edifícios semienterrados constituem uma solução frequente de projeto como forma de aproveitamento do declive natural do terreno, dando origem a espaços sem qualquer comunicação para o exterior, geralmente destinados ao estacionamento de viaturas, arrumos ou adegas. Estes edifícios aproveitam assim a inércia térmica do solo que os protege dos ventos, das geadas agrestes e das grandes amplitudes térmicas diárias que se fazem sentir na região em estudo.

#### Princípios a ter em conta no seu dimensionamento:

- A parte enterrada, e por isso com menos contato com o exterior, deverá estar orientada a norte;
- Aconselha-se que se proceda à adequada impermeabilização das paredes e pavimentos em contato com o terreno e, embora estes elementos não tenham as mesmas exigências térmicas da restante envolvente do edifício, deverá ser colocado isolamento térmico pelo menos perimetral no pavimento em contato com o terreno;
- Deverá ser assegurada a adequada resistência térmica, geralmente através da incorporação de isolamento térmico, das paredes e pavimentos de separação dos espaços de utilização permanente com os espaços enterrados de utilização não permanente (como adegas, despensas, garagens).



Pormenor de isolamento em elementos térreos



Isolamento em elementos em contacto com espaços de utilização permanente



#### VANTAGENS

- Integração harmoniosa com a paisagem;
- Aproveitamento das temperaturas constantes da terra, que aumentam com a profundidade;
- Proteção contra o vento;
- Permitem uma diminuição das necessidades com o aquecimento e arrefecimento reduzindo os gastos energéticos e a emissão dos gases efeito estufa.



#### DESVANTAGENS

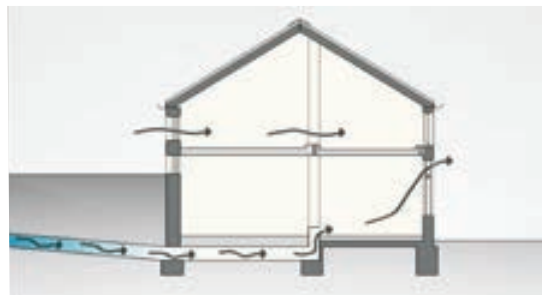
- Riscos de infiltrações, nomeadamente ascensão capilar;
- Riscos de condensações devido à falta de ventilação.



## 6.3.2 SISTEMA DE CONDUTAS ENTERRADAS

Como já foi referido, durante o verão, a temperatura do solo é inferior à temperatura do ambiente exterior, sucedendo o inverso durante o inverno. Tirando partido deste facto, pode recorrer-se a um sistema que consiste na instalação de uma rede de condutas de ar enterradas que ligam o edifício ao exterior.

No verão, o ar arrefece ao passar pelas condutas proporcionando aos espaços de habitação uma frescura agradável. No inverno, o processo é inverso apresentando-se como uma ótima solução de ventilação natural, uma vez que o aproveitamento das temperaturas constantes do solo evita uma diminuição brusca das temperaturas interiores e as consequentes perdas de calor que são habituais com a ventilação natural corrente, traduzindo-se numa poupança energética significativa.



Esquema de funcionamento de um sistema de climatização e ventilação



Brigantia Ecopark, Parque de Ciência e Tecnologia, Bragança



Geralmente, a ventilação está associada a uma considerável diminuição de temperatura do ar interior originando, no inverno, uma certa resistência por parte das pessoas à ventilação dos edifícios, diminuindo a salubridade dos mesmos.

A solução apresentada é bastante económica em termos de instalação do sistema. No entanto, é necessário ter disponível uma extensão de terreno para a passagem da tubagem. Aconselha-se que a tubagem tenha pelo menos 1 a 2 m de profundidade para que as temperaturas sejam mais regulares. Conseguem-se com este sistema alcançar temperaturas do ar na ordem dos 15°C.

## 6.3.3 UTILIZAÇÃO DE BOMBAS DE CALOR

Para além do aquecimento das camadas superficiais do solo, originado pelo sol, existe uma grande quantidade de calor no interior da Terra devido a fenómenos vulcânicos, à radioatividade natural das rochas e à elevação do manto, que no seu processo de arrefecimento se vai dissipando para a superfície. Esta energia armazenada sob a forma de calor contida no interior do solo, denomina-se de energia geotérmica e merece ser aproveitada. Com o evoluir da tecnologia e a necessidade de explorar as energias alternativas renováveis, a energia geotérmica tem-se apresentado como uma área em crescente desenvolvimento.

Genericamente, a energia geotérmica pode ser classificada em alta entalpia (temperaturas acima de 150°C) e baixa entalpia (temperaturas abaixo de 150°C). O aproveitamento da energia geotérmica de alta entalpia permite a produção de energia elétrica. Em edifícios, especialmente de habitação, a energia que se utiliza quer para a climatização, quer para a produção de água quente é de baixa entalpia. Dos sistemas mais utilizados destaca-se a solução que incorpora os seguintes elementos: sistema de captação da energia calorífica, bomba de calor geotérmica e sistema de distribuição pelos vários espaços do edifício (pavimento radiante, ventiloconvetores ou radiadores).

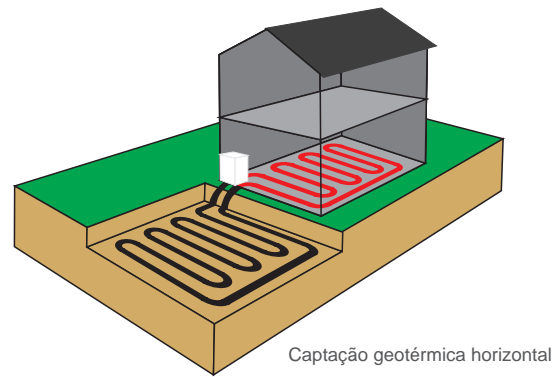


### Funcionamento do sistema de climatização geotérmica com utilização da bomba de calor:

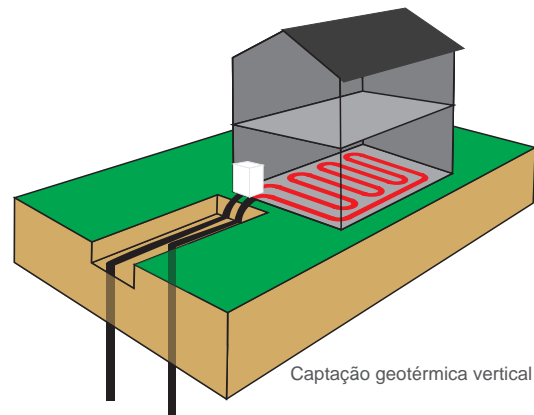
A captação da energia geotérmica pode ser horizontal (a mais comum), através da colocação de coletores horizontais (a profundidades na ordem dos 60 cm), ou vertical (através da execução de furos com 50 a 150 m de profundidade). Estas últimas são justificadas quando não existe área suficiente no plano horizontal.



www.fundicalor.com



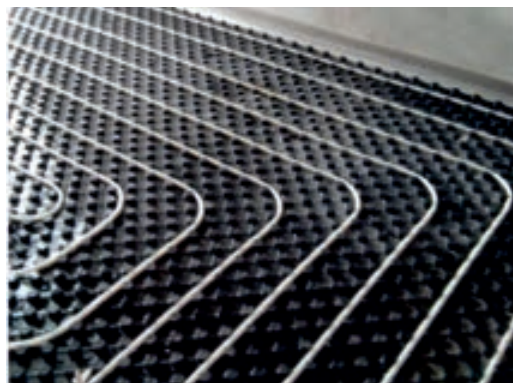
Brigantia Ecopark, Bragança



Nesta tubagem irá circular um fluido térmico em circuito fechado. Este sistema aproveitará a estabilidade térmica que se verifica no subsolo servindo-se da tendência de igualdade de temperaturas entre dois meios distintos. Deste modo, no inverno, o fluido que circula no sistema é aquecido pelo solo. Ao invés, no verão, o fluido é arrefecido. A utilização da bomba de calor será necessária para se obter o diferencial de temperaturas de modo a ser alcançado o conforto pretendido no interior dos espaços. A emissão da energia térmica final será feita com recurso a radiadores, ventiloconvetores ou pavimento radiante.



Ventiloconvetores



Pavimento radiante



Bomba de calor



A bomba geotérmica, embora consuma energia elétrica, permitirá melhorar o desempenho energético dos edifícios uma vez que, devido à sua elevada eficiência disponibiliza mais energia que a energia utilizada no seu funcionamento. A energia do subsolo é assim convertida na principal fonte de energia consumida.



É fundamental que se faça uma análise custo-benefício da solução. Os custos de investimento inicial são geralmente elevados, mas os custos de exploração podem ser bastante atrativos.



### VANTAGENS

A produção de energia geotérmica é quase independente de variações climáticas como o vento, sol e chuvas;  
 Trata-se de uma fonte de energia inesgotável, devido à regeneração constante da Terra;  
 Diminui o consumo de energias fósseis, o que leva a uma poupança energética e à diminuição dos gases efeito estufa;  
 A produção de energia é local, reduzindo as perdas nas redes de transporte;  
 Conforto na utilização, permitindo efetuar com um único sistema o aquecimento, arrefecimento e a produção de águas quentes;  
 A bomba de calor é um equipamento com elevada eficiência, com reduzido consumo de energia elétrica quando comparado com os equipamentos convencionais.



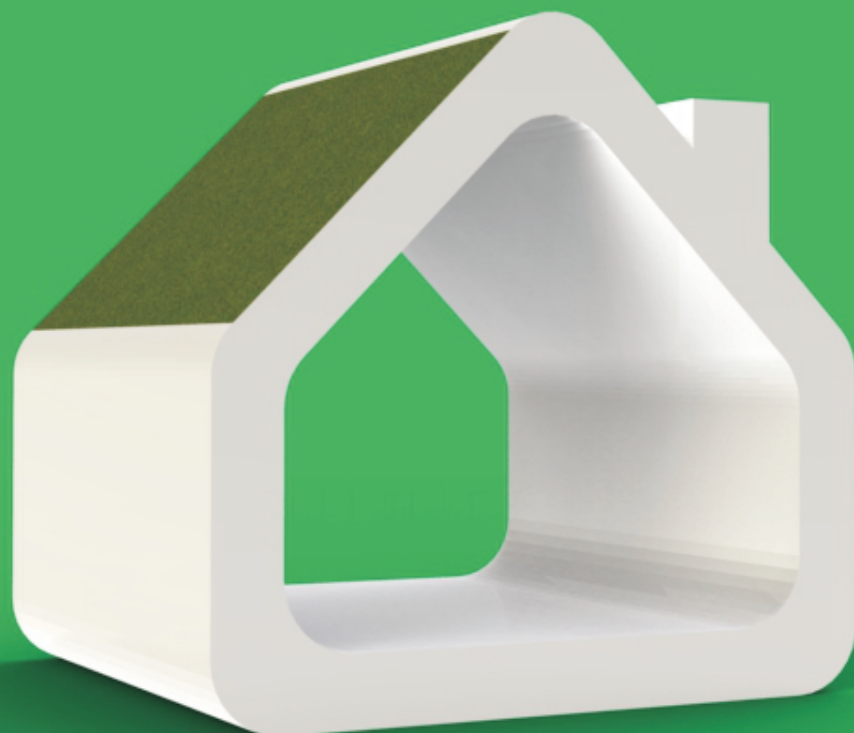
### DESVANTAGENS

Requer um estudo rigoroso em fase de projeto, já que a captação da energia condiciona algumas soluções técnicas do edifício;  
 Exige mão-de-obra especializada;  
 Exige uma zona técnica (para a colocação do equipamento), que ocupa espaço e emite ruído;  
 A solução pode ser difícil de implementar em reabilitações, devido aos sistemas de construção pré-existentes;  
 Pouca informação disponível sobre o funcionamento do sistema e a sua rentabilidade em termos económicos, levando a que os proprietários dos edifícios adotem soluções alternativas;  
 Exige manutenção periódica do sistema.



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 7.COBERTURA VERDE







## 7.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO IDENTIFICADA

Embora não tão frequente na arquitetura popular da região como outras soluções bioclimáticas já abordadas no presente Manual, a Cobertura Verde foi encontrada em algumas construções, nomeadamente em Zamora e Salamanca, na fronteira com Portugal. São construções com mais de 3000 anos e destinam-se atualmente a ser utilizadas temporariamente por pastores e agricultores como abrigo e proteção contra as intempéries e para recolha ou armazenamento de instrumentos de trabalho, alfaias agrícolas e mantimentos. Foi encontrado, embora em muito menor número, este tipo de construção em moinhos.



San Felices de los Galegos, Espanha

Estas construções têm paramentos laterais em alvenaria irregular e a parte superior da cobertura é constituída por lajetas e pedra miúda amontoada. As pedras usadas eram selecionadas e recolhidas, no próprio local, sem qualquer tratamento prévio, não se recorrendo a argamassas nem a outros materiais. Em certos casos, estes abrigos encontram-se encostados a um afloramento rochoso servindo este de parede posterior ou, então, no interior dos grandes amontoados de pedra, comunicando diretamente com o terreno de cultivo. A cobertura tem vegetação rasteira, constituída por espécies locais tais como o musgo e pequenas herbáceas. Os vãos das portas com pedras maiores, geralmente não aparelhadas, são abertos, à exceção dos moinhos.

Estas construções organizam-se no espaço confundindo-se com a paisagem. A sua integração e harmonia com a natureza transmitem-nos uma tranquilidade única e fazem-nos refletir no respeito que outrora se tinha pelo meio ambiente. Constituem um património inigualável na região, pela sua antiguidade, que deveria ser preservado e mantido.



## 7. 2 CONSERVAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOCONSTRUTIVA

### 7.2.1 ANOMALIAS IDENTIFICADAS

As construções em alvenaria existentes na região transfronteiriça com Coberturas Verdes, analisadas neste Manual, apresentam na maioria anomalias associadas apenas ao aparecimento de infiltrações de água pela cobertura. No entanto, como se trata na maioria das vezes de construções alvenaria de junta seca e vãos abertos, e por conseguinte, espaços muito ventilados, a permanência de humidade no interior dos espaços é rapidamente dissipada. Além disso, a circulação de água nas paredes, do exterior para o interior, é facilitada pela inexistência de argamassas de assentamento.

No caso particular de moinhos, é usual haver elementos em madeira que, devido a alterações entre secagem e humedificação, poderão padecer de algumas anomalias. Neste caso, deve ser consultada a solução bioclimática **Cobertura Captadora**.

Apresenta-se de seguida a descrição das anomalias identificadas no levantamento efetuado e, para cada umas delas, o respetivo modo de deteção (diagnóstico) e a técnica de reparação proposta.

**Infiltrações** de água provenientes da cobertura verde, por deslocação das pedras de suporte ou penetração de raízes das plantas para o interior .



Diagnóstico (ver IVF 26)



Possível técnica de intervenção (ver PR 34)

**Deterioração** da estrutura de madeira .



Diagnóstico (ver IVF 27)



Possível técnica de intervenção  
(ver Secção Cobertura Captadora)



Ahigal, Espanha



Paso de Saucelle, Espanha



### 7.2.2 ELABORAÇÃO DO DIAGNÓSTICO

O estudo deve incluir uma Inspeção Visual e Funcional (IVF) do local que será suficiente para proporcionar informação importante sobre o estado de conservação e permitir a identificação das patologias.

#### **1** **Inspeção Visual e Funcional (IVF)**

Com uma análise metódica e abrangente que permita o registo e identificação de anomalias dos componentes e dos materiais, muitas das questões relacionadas com a estratégia de intervenção podem encontrar respostas no decurso da inspeção visual preliminar.

#### **IVF 26**

Verificar a existência de raízes de plantas e/ou aberturas na cobertura por onde se possa infiltrar água.

#### **IVF 27**

Verificar a existência de alguma anomalia nos elementos de madeira, conforme o descrito na secção **Cobertura Captadora**, inclusive com a realização de alguns ensaios mais específicos.

### 7.2.3 TÉCNICAS DE REPARAÇÃO

Os trabalhos de reparação propostos estão relacionados com o próprio estado de conservação e tendo em consideração os dados fornecidos no estudo e diagnóstico. As intervenções expostas nos itens seguintes descrevem trabalhos que visam a manutenção da construção rural mantendo a função atual - Manutenção (M) e Pequena Reparação (PR).

#### **Pequena Reparação (PR)**

Engloba pequenos trabalhos de reparação em zonas danificadas e deterioradas, que permitem a entrada de água.

#### **PR 34**

Corte, limpeza e poda da vegetação da cobertura. Eliminação de raízes maiores que interferem na estrutura de suporte da cobertura.  
Preenchimento de zonas em falta com pedra semelhante e uma argamassa elaborada com materiais tradicionais (barro, saibro, cal e areia).

### 7.2.4. PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

#### **(M) Manutenção**

A manutenção corrente deverá contemplar inspeções visuais periódicas de modo a detetar precocemente alguma anomalia.

### 7.3 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA

#### 7.3.1 COBERTURA VERDE, UM REVESTIMENTO COM VIDA

Devido às suas excelentes características bioclimáticas, as coberturas verdes constituem uma solução amplamente adotada pela arquitetura contemporânea, nomeadamente em países como os Estados Unidos da América, Alemanha, Áustria e Reino Unido.

Em Portugal, a instalação de coberturas verdes ainda não se generalizou da mesma forma. No entanto, existem já alguns bons exemplos de coberturas verdes em edifícios recentes, inclusive na região em estudo.



Mogadouro, Portugal

As cidades cresceram e continuam a crescer de uma forma exponencial. Estima-se que a população a viver em cidades cresça 60% durante os próximos 20 anos. Este crescimento contribui para a perda de espaços verdes e de biodiversidade, conduzindo a espaços onde a temperatura tende a aumentar (consequência da absorção da energia solar pelas construções) dando origem ao fenómeno designado por “ilha de calor urbano”. De destacar também o aumento dos riscos de inundações, consequência da impermeabilização do solo.

As coberturas verdes constituem soluções de aproveitamento dos telhados através da plantação de espécies vegetais. Surgem como uma ótima solução arquitetónica para minimizar os aspetos negativos acima apontados, retribuindo de certa forma à natureza aquilo que lhe é retirado quando se ocupam os terrenos com a implantação de construções. Para além das questões estéticas, as coberturas verdes, compostas por substrato e vegetação, surgem associadas sobretudo às questões ambientais e energéticas. A terra e a água retida pela vegetação têm uma influência significativa na melhoria do isolamento térmico e atenuação das oscilações térmicas, e a vegetação influi positivamente na melhoria do microclima, contribuindo para a atenuação da ilha de calor. Os espaços de ar contidos na vegetação, para além de constituírem uma proteção à superfície de substrato, contribuem também como isolamento térmico. A atenuação do efeito das chuvas torrenciais é outra vantagem desta solução, principalmente em grandes centros urbanos.



As camadas de uma cobertura verde podem variar dependendo do tipo de cobertura, da sua inclinação e do tipo de vegetação selecionada.



Centro de Arte Contemporânea, Bragança, Portugal

A vegetação a adotar para as coberturas verdes deve ser escolhida em função das condições climáticas do local e das características físicas do edifício. A vegetação apresenta características muito específicas segundo a espécie de que se trate, pelo que terá de ser efetuado um estudo tendo em conta algumas variáveis tais como o tempo de crescimento, a necessidade de iluminação e exposição solar, a necessidade de rega, tipo de solo e substrato, resistência ao vento, necessidades e resistência à poda, tipo de folha, tipo de flor e profundidade das raízes. A solução deverá ser estudada por um técnico habilitado para o efeito. De salientar, também, os cuidados a ter com a sua execução nomeadamente com a impermeabilização da laje de suporte. Um bom planeamento e estudo da composição da cobertura adicionados ao controlo de qualidade na execução poderão evitar consequências nefastas no futuro tais como infiltrações, danos na estrutura e apodrecimento da vegetação.

### **7.3.2 CONSTITUIÇÃO DA COBERTURA**

#### **A - Coberturas extensivas ou telhados verdes populares**

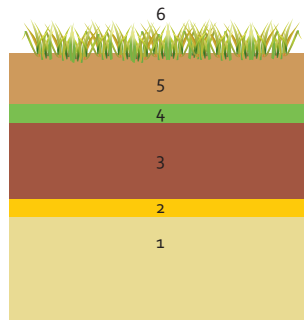
Estas coberturas apresentam-se como uma alternativa à substituição da gravilha ou godo das coberturas convencionais. São coberturas leves, geralmente não acessíveis ao público, sendo constituídas por um substrato fino (geralmente menor que 15 cm), e limitadas a plantas de pequeno porte, como herbáceas, gramíneas, musgos e sedum, exigindo pouca manutenção, podendo dispensar a irrigação.

As coberturas extensivas são as coberturas mais utilizadas em edifícios, já que a sua manutenção é mínima e o custo de instalação é baixo. Transmitem pouca carga adicional à estrutura da cobertura, sendo por isso uma boa solução em reabilitação de edifícios existentes. São as coberturas mais indicadas para grandes áreas em que as espécies vegetais se desenvolvem espontaneamente.

Não sendo visitáveis, os objetivos principais da sua existência em centros urbanos mais pequenos, como os da região em estudo, prendem-se sobretudo com questões ambientais (ecológicas) e estéticas, numa tentativa de envolver ao máximo os edifícios com o meio ambiente.



Coimbra, Portugal



Pormenores de uma cobertura extensiva

- 6- Vegetação
- 5- Substrato para cobertura extensiva
- 4- Camada filtrante
- 3- Camada drenante e capilaridade
- 2- Camada de proteção e armazenamento
- 1- Pavimento com isolamento e impermeabilização



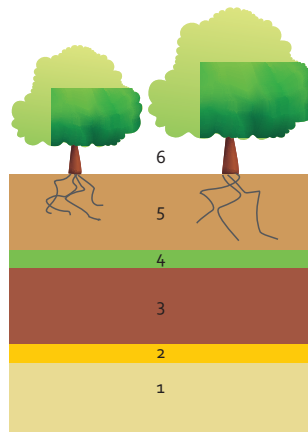
Câmara Municipal de Bragança, Portugal

### **B - Coberturas intensivas ou coberturas jardim**

Estas coberturas são mais pesadas que as extensivas, geralmente acessíveis ao público, sendo constituídas por camadas mais espessas de substrato. São geralmente limitadas a coberturas planas, necessitando de manutenções regulares e de sistemas de rega. Permitem uma variedade enorme de espécies de plantas de médio porte, incluindo perenes, relvados, árvores e arbustos.



Lisboa, Portugal



Pormenores de uma cobertura intensiva

- 6- Vegetação
- 5- Substrato para cobertura extensiva
- 4- Camada filtrante
- 3- Camada drenante e capilaridade
- 2- Camada de proteção e armazenamento
- 1- Pavimento com isolamento e impermeabilização



As lajes de suporte devem apresentar capacidade resistente de modo a suportar o peso das diferentes camadas bem como da sobrecarga. Entre outras utilizações, são bastante aplicadas por cima de espaços subterrâneos, tais como parques de estacionamento.

Para além de contribuir para as capacidades de isolamento térmico da cobertura, a camada de substrato protege a camada de impermeabilização dos agentes externos.

As coberturas intensivas são mais caras que as extensivas quer na fase inicial de instalação, quer na fase de exploração, mas como são coberturas acessíveis, que permitem o aproveitamento de um espaço que de outra forma não existiria, acaba por ser compensatório. São coberturas que se apresentam como autênticos jardins, dos quais se pode admirar a paisagem proporcionando verdadeiros momentos de bem-estar e de tranquilidade.

**Em resumo, tanto coberturas extensivas quanto as intensivas são constituídas essencialmente pelos seguintes elementos:**

**1 - Sistema de impermeabilização** geralmente colocado imediatamente por cima da laje, protegendo-a de possíveis infiltrações (aplicado "in situ" como por exemplo resinas acrílicas e poliméricas, ou pré-fabricado como membranas betuminosas);

**2 - Isolamento térmico** do tipo e com a espessura indicados no cálculo térmico, colocado sobre a membrana de impermeabilização, conferindo-lhe proteção contra os agentes externos;

**3 - Camada de drenagem** responsável pela regulação da água, removendo o excesso e retendo uma certa quantidade para ser recuperada pela vegetação e libertada por evapotransposição. Os materiais mais utilizados são brita, lascas de pedra, tapetes porosos e módulos de drenagem em plástico;

**4 - Camada de proteção** da raiz com a função de controlar o seu crescimento e evitar danos na estrutura;

**5 - Camada de substrato** responsável pelo crescimento das espécies vegetais, dependendo a sua constituição do tipo de cobertura. Pode tratar-se uma mistura de terra vegetal ou de outros materiais mais leves (de origem vegetal, mineral, materiais orgânicos, materiais reciclados, entre outros).

**6 - Camada vegetal** é o último elemento a colocar e deve ser escolhido em função das condições locais e da cobertura.



1 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal produz o equivalente à quantidade de oxigénio que uma pessoa consome por ano.

1 m<sup>2</sup> de cobertura vegetal filtra 130 g de pó por ano. (Darlington, 2001)



### VANTAGENS

Proteção dos edifícios face à radiação solar;  
 Melhoria do isolamento térmico e acústico dos edifícios;  
 Aumento da eficiência energética dos edifícios, permitindo reduzir os gastos com as energias convencionais e, conseqüentemente, as emissões de gases efeito estufa;  
 Melhoria da qualidade do ar através da emissão de oxigénio pela atividade fotossintética das espécies vegetais, reduzindo a concentração de CO<sub>2</sub>;  
 Proteção do sistema de impermeabilização da cobertura contra condições atmosféricas extremas tais como o granizo, vento e gelo contribuindo para a sua longevidade;  
 Contribuição para a retenção da água das chuvas preservando os sistemas de drenagem urbanos, diminuindo os riscos de inundação e reduzindo o desperdício de água;  
 Melhoria do microclima dos centros urbanos, tendo um efeito de arrefecimento e aumento da humidade no ar, reduzindo o efeito da ilha de calor urbano;  
 Criação de áreas verdes;  
 Aumento da biodiversidade, constituindo um habitat natural de algumas espécies como sejam pássaros e outros insetos;  
 Aproveitamento de espaços propícios ao lazer e convívio que geralmente não seriam aproveitados.



### DESVANTAGENS

Manutenção periódica, com maior frequência para as coberturas intensivas;  
 Elevados custos de instalação;  
 A camada de substrato torna a cobertura mais pesada, podendo implicar um reforço em coberturas existentes acarretando maiores custos;  
 Se o sistema não for aplicado de forma correta, pode originar infiltrações de água no edifício;  
 Se as espécies não forem convenientemente escolhidas podem levar:  
 À produção excessiva de folhas e ramos secos;  
 Ao consumo excessivo de água;  
 A danos estruturais provocados pelas raízes.

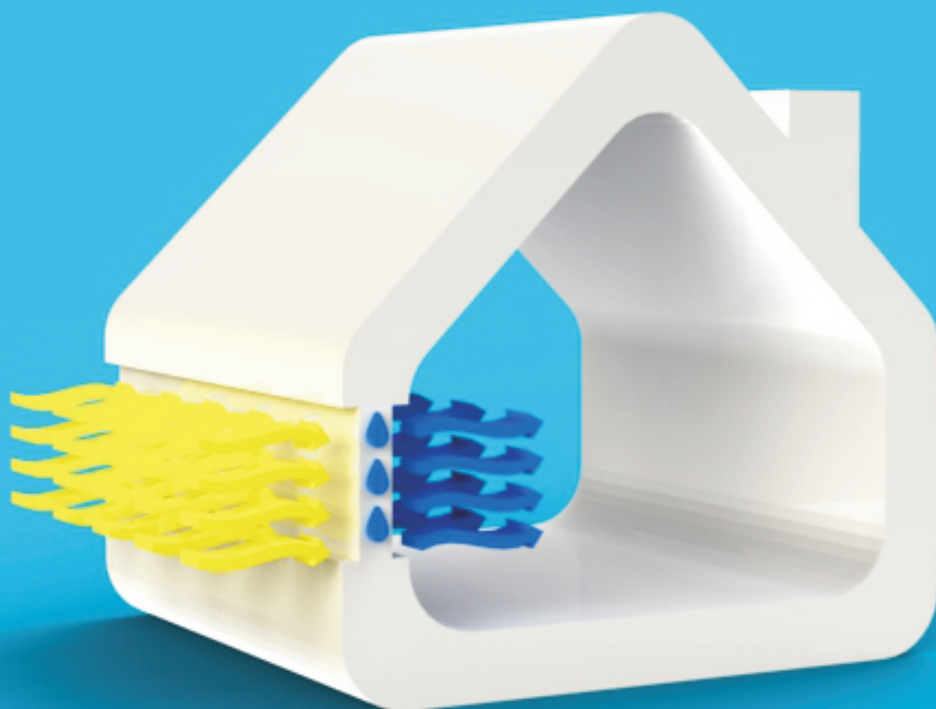


Aconselha-se a realização de um teste de inundação de água para controlo da qualidade da cobertura verde!



# SOLUÇÃO BIOCLIMÁTICA SINGULAR

## 8. ARREFECIMENTO EVAPORATIVO







### 8.1 IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

O arrefecimento evaporativo é o processo de evaporação da água levando ao arrefecimento do ambiente, ou seja, quando a água passa do estado líquido para o gasoso, absorve calor, fazendo deste modo diminuir a temperatura do ar. Sendo assim, pode fazer-se uso desta estratégia provocando uma diminuição da temperatura do ar exterior antes de entrar no edifício.

O arrefecimento evaporativo consiste numa estratégia bioclimática identificada na área transfronteiriça em estudo, relacionada com as seguintes soluções:

- Paredes e coberturas verdes
- Esgotos *intercambiadores* ar/água
- Pavimentos respiráveis



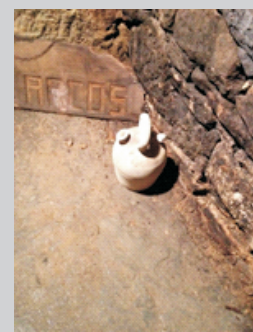
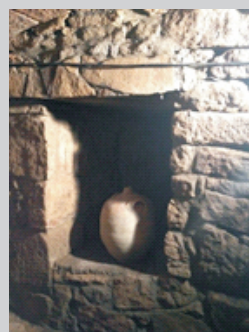
A vegetação provoca arrefecimento do ambiente por efeito da evapotranspiração



Uma das estratégias tradicionais de arrefecimento evaporativo é o recurso ao “Botijo” cerâmico muito utilizado ainda na atualidade para arrefecer os espaços, especialmente na região transfronteiriça espanhola.



O arrefecimento evaporativo ocorre porque a porosidade da cerâmica permite que uma pequena parte da água contida no pote, ao passar pelos seus poros e entrar em contato com o ambiente externo, passe do seu estado líquido para o estado gasoso (evaporação). A passagem da água líquida para o estado de vapor necessita de absorver energia para ocorrer. A água que evapora retira energia (calor) do pote e do ar circundante, fazendo com que fiquem mais frios. No levantamento de campo efetuado na região transfronteiriça foram encontrados recipientes, com estratégias evaporativas, feitos à base de fibras vegetais.



### 8.1.1 PAREDES E COBERTURAS VERDES

As paredes vegetais e as coberturas verdes, soluções já apresentadas neste Manual, fazem uso do arrefecimento por meio da evapotranspiração.



#### Em que consiste a evapotranspiração?

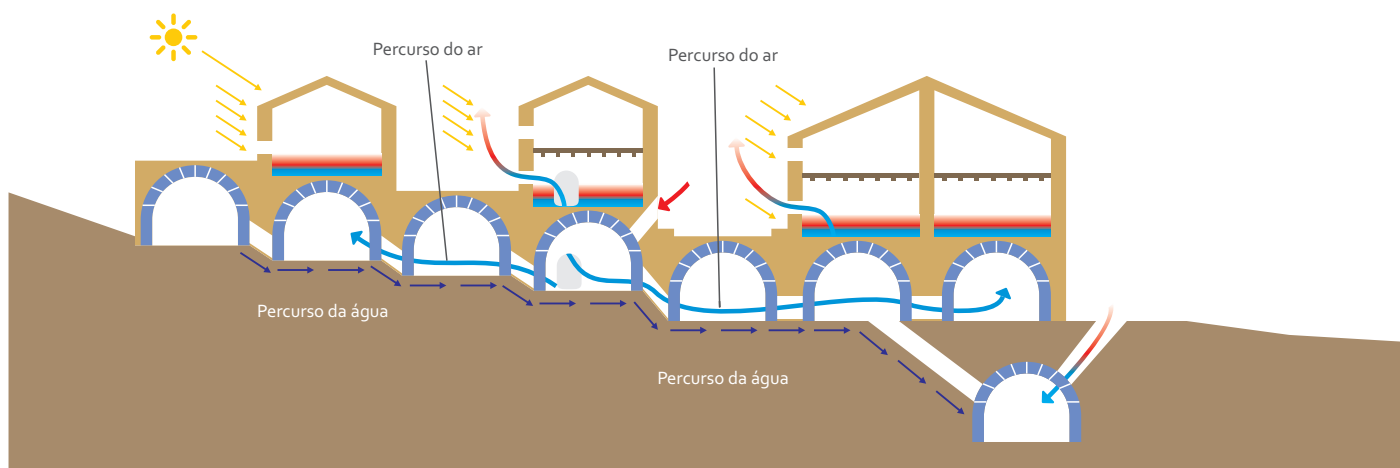
Os vegetais consomem a água do solo por meio das raízes. Uma pequena fração é retida e a restante é libertada sob a forma de vapor de água, através da superfície das folhas, por meio da transpiração (essencialmente é o mesmo processo físico que a evaporação, com a diferença de que a superfície livre de onde saem as moléculas do líquido é a superfície das folhas em vez de ser a de água).

É praticamente impossível num solo com vegetação identificar separadamente o vapor de água proveniente da transpiração das plantas e o da evaporação do solo. A estes dois processos em conjunto chama-se evapotranspiração.



### 8.1.2 ESGOTOS INTERCAMBIADORES AR/ÁGUA

Em Famoselle de Sayago, Zamora, existe um sistema de adegas escavadas na rocha (também abordadas na solução bioclimática Climatização Geotérmica) que estão interligadas por uma série de condutas, permitindo a drenagem de águas, tanto as que se infiltram no terreno, como as necessárias para a limpeza das adegas. Estas condutas (ou esgotos) servem ao mesmo tempo como sistema de ventilação dos espaços.



Arrefecimento evaporativo, esgotos de Famoselle

#### Funcionamento

As referidas adegas dispõem de aberturas por onde são introduzidas as uvas (denominadas "zarceras") e que servem para a evaporação dos gases que se produzem durante a fermentação na estação de inverno. No verão as mesmas aberturas permitem que se faça a ventilação cruzada. O ar que entra por elas irá circular pelas condutas onde também passa a água, mas em sentido contrário, provocando arrefecimento por evaporação da água. Este arrefecimento repercute-se às habitações situadas acima das adegas através dos vãos de comunicação. O resultado é um sistema urbano de arrefecimento evaporativo apoiado no intercâmbio ar/água.

### 8.1.3 PAVIMENTOS RESPIRÁVEIS

Os pavimentos tradicionais constituídos por pedra ou terra ainda estão bem presentes nas ruas e praças da região transfronteiriça em estudo, principalmente nas zonas rurais. Estes têm a propriedade de melhorar o microclima regulando a estabilidade higrotérmica em comparação com as soluções estanques e impermeáveis.



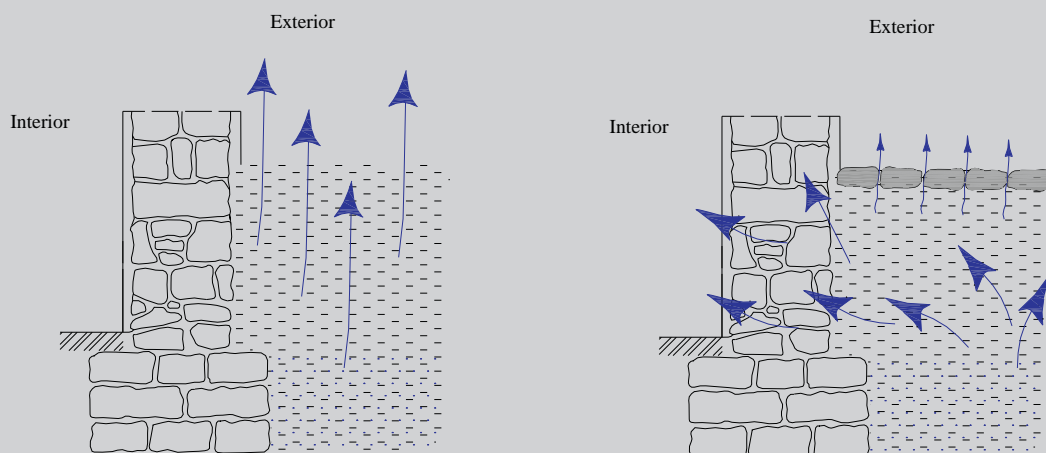
Pavimentos respiráveis



A permeabilidade do pavimento traduz-se diretamente na capacidade de infiltração. Quanto mais permeável é o pavimento, maior será a velocidade com que o solo pode absorver a água, diminuindo assim o escoamento de água à superfície. Alguns pavimentos permitem o crescimento de vegetação entre as pedras arrefecendo ainda mais o ambiente através do efeito da evapotranspiração e melhorando consideravelmente as condições de verão.



Recentes intervenções nas ruas de acesso aos edifícios da zona da Cidadela de Bragança, Portugal, nomeadamente a pavimentação das ruas originalmente em terra batida, podem ter estado na origem do aparecimento de uma série de anomalias em paredes enterradas no interior desses edifícios, como manchas de humidade, salitres, deterioração de pinturas e reboco. A pavimentação provocou alterações de equilíbrio no conjunto edifício-terreno provocando anomalias que até então não existiam. Originalmente o terreno absorvia a água e permitia também que através dele se evaporasse. Contudo, quando as condições de evaporação permitidas pelo terreno foram reduzidas com a pavimentação, a água procurou outros caminhos, indo encontrá-los nas paredes subjacentes, provocando as já referidas anomalias.



### 8.2 A ARQUITETURA TRADICIONAL, UMA INSPIRAÇÃO PARA O FUTURO PRINCÍPIOS PARA A REABILITAÇÃO E CONSTRUÇÃO BIOCLIMÁTICA



O **arrefecimento evaporativo** é uma estratégia bioclimática que se adequa ao tipo de verão da região transfronteiriça, tipicamente quente e seco.

É importante o conhecimento de alguns dos fatores que condicionam a evaporação para selecionar a melhor solução a adotar:

A concentração do vapor de água ou a concentração de outras substâncias no ar: se o ar já estiver com muito vapor de água ou saturado com outras substâncias o processo de evaporação ficará mais lento;

A temperatura: o calor transmite-se de um corpo quente ao líquido que se evapora; com o aumento de temperatura a velocidade de evaporação aumenta;

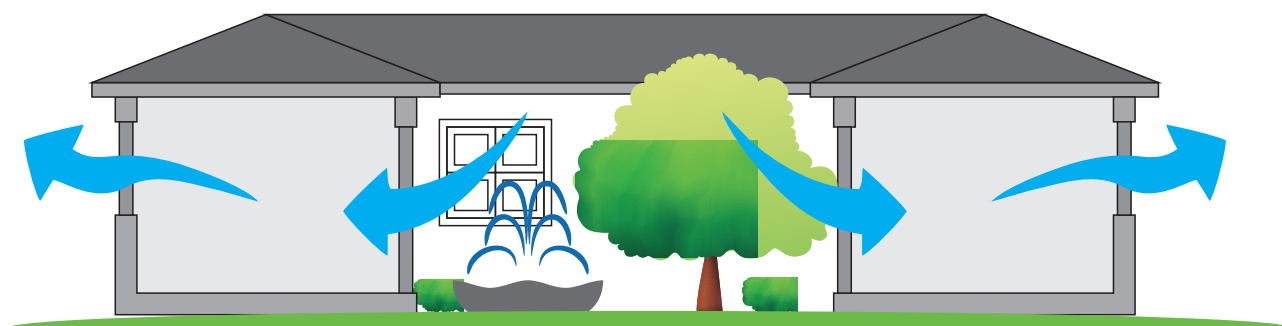
Correntes de ar: se existe ar fresco a passar pela água é mais provável que a sua concentração não aumente, favorecendo uma evaporação mais rápida logo, quanto mais forte for o fluxo de ar, maior é o potencial de evaporação.

São apresentadas a seguir algumas estratégias de arrefecimento evaporativo:

#### A - Utilização de pátios com vegetação e fontes de água ou piscinas

Na estação de verão, a evaporação originada pela vegetação e pela água fará descer a temperatura do pátio criando uma zona de altas pressões que provoca a sucção do ar situado a um nível superior. Com a abertura de janelas ou portas para o pátio, o ar entrará pela casa podendo recorrer-se a uma ventilação cruzada através da abertura de vãos e janelas em paredes opostas.

No inverno, a temperatura do pátio derivada da proteção da vegetação é maior que a temperatura do ar exterior.



Arrefecimento evaporativo em pátio

Quanto maior for a área da fonte ou piscina, maior será o efeito de evaporação. A incidência do vento também tem muita importância. Se a piscina estiver na direção do vento dominante, este fará com que o ar seco arrefeça e chegue ao edifício mais fresco e húmido.



### **B - Recorrer à utilização de uma parede ou cobertura verde**

A evapotranspiração dos vegetais utilizados em paredes ou coberturas verdes, para além das outras vantagens já abordadas, constitui uma estratégia muito eficaz para o arrefecimento dos espaços no verão.



Para a maior parte das plantas durante a noite a taxa de transpiração é geralmente baixa, perto de zero, aumentando depois do nascer do sol até atingir um máximo ao meio-dia. Da parte da tarde a transpiração começa a diminuir até atingir, ao entardecer, os valores mínimos, semelhantes aos da noite (Sebanek, 1992).

### **C - Recorrer à utilização de pavimentos permeáveis (zonas de passeio, estacionamento)**

Alguns espaços urbanos têm-se regido por uma construção caótica, feita sem planeamento urbano, com uma ocupação excessiva de área marcada pela impermeabilização dos solos e sistemas de drenagem insuficientes ou subdimensionados. Este modelo de desenvolvimento, para além do efeito da ilha de calor e a poluição que acarreta, interrompe o ciclo hidrológico natural com consequências nefastas para a população e meio ambiente.

Ao atingir uma superfície impermeável, a precipitação origina o escoamento superficial e a evaporação direta da água que se acumula à superfície. Quando incide num solo permeável, para além de produzir o escoamento superficial e a evaporação da água à superfície, produz ainda evapotranspiração da água que fica retida pela camada do solo. Caso a formação geológica subjacente ao solo seja permeável e espessa haverá também escoamento subterrâneo. Os solos permeáveis permitem deste modo um menor escoamento superficial da água, menores níveis de erosão e de poluição das águas, reduzindo os custos com as redes de drenagem (execução e manutenção).

A drenagem sustentável dos espaços visa o controlo do escoamento superficial o mais próximo possível do local onde a precipitação atinge o solo, com a execução de pavimentos permeáveis, utilização de vegetação, ou até mesmo reservatórios de acumulação de água.

Se existe um espaço exterior ao edifício pode recorrer-se a esta estratégia sem um custo significativo. Existem várias soluções de pavimentos permeáveis, geralmente constituídos por uma camada superior de revestimento drenante, uma camada filtrante (por exemplo uma manta geotêxtil) assente sobre sucessivas camadas de material granular, que servirá como um reservatório de amortecimento das águas pluviais, retendo a água absorvida pelo revestimento, armazenando-a até que seja totalmente infiltrada no terreno.



Soluções de pavimentos permeáveis

ACOSTA, A.C. - Sistemas Vegetales Verticales, Máster em Sistemas y Técnicas de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica, 2011

ANES, A. - A influência da massa e da exposição solar no comportamento térmico dos edifícios.

ARAÚJO, L.; Almeida, M.- Thermal Inertia Walls in Portuguese Traditional Rock for Passive Solar Heating of Building, Climated Congress, Lyon, France, 20 - 21 November, 2006

Arquitectura Popular em Portugal, 3ª edição, Associação dos Arquitectos Portugueses, 1988

BRAZ, Renato; LANHAM, Ana; GAMA, Pedro - Arquitectura Bioclimática, Perspectivas de inovação e futuro, seminários de inovação, IST-Universidade Técnica de Lisboa, 2004

CÓIAS, V. - Guia Prático para a Conservação de Imóveis, Dom Quixote, 2004

CÓIAS, V. - Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios, IST, 2008

DARLINGTON A., Dat J. F. y Dixon A. - The biofiltration of indoor air: air flux and temperature influences the removal of toluene, ethylbenzene and xylene. Environ. Sci. and Technol. 35, 240-246, 2001

DECRETO-LEI Nº 80/2006, de 04 de Abril – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

DIRETIVA 2010/ 31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho Energético dos Edifícios (reformulação), Jornal Oficial da União Europeia, 18/06/2010.

FREITAS, V. - Manual de Apoio ao Projecto de Reabilitação de Edifícios Antigos, FEUP, 2012

FREITAS, V.; Freitas, V.P.; Guimarães, A.S.; Ferreira, C.; Alves, S. - Edifícios Existentes - Medidas de Melhoria de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, ADENE, 2011

GONÇALVES, H.et al. - Edifícios solares passivos em Portugal, INETI, 1997

GONÇALVES, H. & GRAÇA, J., - Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, DGGE / IP-3E, Lisboa, Novembro 2004

ICOMOS - Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitectónico, International Council on Monuments and Sites, 2004

LOURENÇO, P. B. - Aplicações das Recomendações ICOMOS sobre Conservação de Estruturas Antigas: do Elemento Construtivo à Estrutura Global, 2º Seminário a Intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação, 2005

MATEUS, Ricardo - Avaliação da Sustentabilidade da Construção-Propostas para o desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2009

MENDONÇA, Paulo - Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a redução do Impacto Ambiental de Construções Solares Passivas em Climas Temperados, tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 2005

NIEVA, A., Pozo, A. - Guia de Construcción Sostenible, Paralelo Edición, 2005

OLGYAY, V - Arquitectura y Clima - Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos, Barcelona: Editorial Gustavo Gili., 1998 [1963]

Principios de diseño bioclimático: vegetación, ATECONS, Assistente Técnico para la Construcción Sostenible  
SEBANEK, J. - Plant Physiology, Elsevier, 1992

TIRONE, L.; NUNES, K. - Construção sustentável. Portugal:Tirone Nunes, SA, 2007

TIRONE, L.; NUNES, K. - Coberturas Eficientes, Guia para a Reabilitação Energético-ambiental do Edificado. Sintra: Tirone e Nunes, SA., 2011

VARELA, A.F.S. - A utilização de revestimentos de vegetação intensivos e extensivos em projecto de arquitectura paisagista em cobertura, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Arquitectura Paisagista, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, 2011

Sites internet:

<http://www.biourb.net/>

<http://www.ipma.pt/resources>

<http://www.sostenibilidad-es.org/>

<http://abioclimatica.blogspot.pt/>

<http://www.fundicalor.com/P1010003.JPG>

<http://tecnocentro.com.pt/tecno/services/view/9http>

<http://www.archiproducts.com/pt/produtos/51267/bi2-ventiloconvector-olimpia-splendid.html>

<http://quenergia.com>

A utilização de equipamentos de medição portáteis ou a realização de ensaios em laboratório poderão contribuir para a elaboração de um diagnóstico mais correto e fornecer dados importantes para a estratégia global de reabilitação do elemento em estudo. Atendendo ao tipo de edifício em causa e às limitações orçamentais que habitualmente estão presentes neste tipo de intervenções, será difícil a realização de ensaios e medições complexas. No entanto, em casos de anomalias por causas estruturais a inspeção e a monitorização é muito útil e praticamente imprescindível nestas situações.

Descrevem-se de seguida alguns exemplos de ensaios possíveis de realizar para apoio ao diagnóstico.

### FE 1 – Monitorização de fissuras

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 6 – Climatização Geotérmica

As fissuras são, muitas vezes, manifestações do comportamento estrutural de um edifício pelo que é muito importante o acompanhamento da sua abertura e o seu desenvolvimento ao longo do tempo (monitorização). Esta monitorização permite analisar a fissura e dar uma ideia acerca de um possível agravamento, de uma estabilização, de uma recuperação ou de uma variação cíclica. Se há variações na sua abertura diz-se que a fissura está ativa e pode ser resultado de danos estruturais, por vezes graves, de variações de temperatura ou de humidade.

Os equipamentos a utilizar podem ser um alongâmetro mecânico, um fissurómetro ou um medidor ótico e/ou um comparador de fissuras.

O alongâmetro permite medir a abertura da fenda, fazendo leituras periódicas da distância entre dois pontos fixos na parede (pontos de referência). Esses pontos são fixos através de umas pequenas chapas metálicas ou plásticas munidas de uma pequena reentrância (ponto de referência) onde se colocam sempre as pontas do alongâmetro, ver Figura 1. Em alternativa a medição pode também ser feita com uma craveira mas as leituras são menos rigorosas.

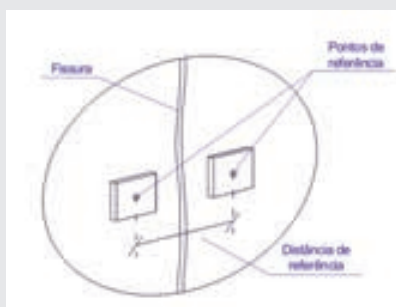


Figura 1 – Esquema do ensaio com o alongâmetro

O fissurómetro permite apenas medir o movimento relativo das fissuras, ou seja, a variação da abertura verificada em cada ponto numa fissura ou fenda existente.

Os outros dois instrumentos, o comparador de fissuras e o medidor ótico de fissuras podem ser utilizados para complementar os dados recolhidos com o fissurómetro, pois permitem quantificar, respetivamente, com menor ou maior rigor a abertura das fissuras e fendas, ver Figura 2.



Figura 2 – Fissurómetro e medidor ótico de fissuras

### FE 2 – Observação boroscópica de cavidades e fendas

#### Secção 1 – Parede de Inércia

A observação boroscópica consiste na utilização de um instrumento ótico dotado de câmara fotográfica ou de filmar, e um feixe luminoso, que possibilita o visionamento do interior do elemento a inspecionar de uma forma pouco intrusiva. O diagnóstico de patologias das estruturas e dos materiais bem como a decisão de qual a técnica de intervenção a utilizar são, em muitos casos, facilitados pela possibilidade de verificar a existência de cavidades e fendas, material solto ou erodido, bem como verificar a sua dimensão e extensão. A introdução do instrumento ótico – o boroscópio, ver Figura 3 – pode ser feita através de vários furos, com cerca de 10 mm de diâmetro, realizados no elemento a visionar de modo a se efetuar o correto diagnóstico a menos que existam aberturas que permitam o acesso ao seu interior.



Figura 3 – Câmara boroscópica

### FE 3 – Ensaio com “Macacos Planos”

#### Secção 1 – Parede de Inércia

O ensaio com macacos planos é uma técnica, considerada medianamente destrutiva que consiste na determinação do estado de tensão e avaliação da deformabilidade de paredes ou pilares de alvenaria. Para a realização do ensaio é necessário a realização de um ou dois entalhes profundos na parede para introdução do macaco plano, ou seja, uma chapa metálica soldada, com duas bocas de entrada e (ou) saída. O macaco é depois ligado a um sistema de pressurização, o que permite transmitir carga à estrutura de alvenaria. Para a medição de deformações pode ser utilizado um alongâmetro mecânico de milésimos ou transdutores de deslocamento.

A utilização de um macaco plano permite determinar o valor da tensão existente na parede e a utilização de dois macacos planos, situados em dois entalhes paralelos, permite determinar as características de deformabilidade e de resistência da amostra de alvenaria em estudo, ver Figura 4.



Figura 4 – Esquema de ensaio com macacos planos duplos

FE 4 – Extração de carotes

Secção 1 – Parede de Inércia

A extração de carotes é um método medianamente destrutivo que permite observar o interior dos elementos, a compacidade dos materiais e, as várias camadas que fazem parte da parede em estudo. De certa forma, poderá dar uma ideia da tipologia construtiva da parede. É também possível a realização de ensaios às carotes, determinar as propriedades mecânicas dos materiais, tais como a resistência à compressão e o módulo de elasticidade, caso seja necessário. As carotes devem ter um diâmetro suficiente para que seja possível a observação da amostra, mas não deve ser demasiado grande de modo a não criar grandes alterações no equilíbrio de forças da estrutura. A carotagem é realizada com caroteadoras equipadas com coroas diamantadas, usando água como lubrificante.

FE 5 – Medição do teor de sais

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 6 – Climatização Geotérmica

A medição do teor de sais pode ser feita através de ensaios simples no local através de um detetor de sais ou de um kit de análise, ver Figura 5. Permite identificar o grau de contaminação por sais (baixo, médio ou elevado) e também identificar qualitativamente o tipo de sal (nitritos, nitratos, sulfatos ou cloretos).



Figura 5 – Detetor de sais e “kit” simples de análise

Para ensaios mais rigorosos poderá ser retirada algumas amostras de material para análise qualitativa e inclusive quantitativa em laboratório, ver Figura 6.

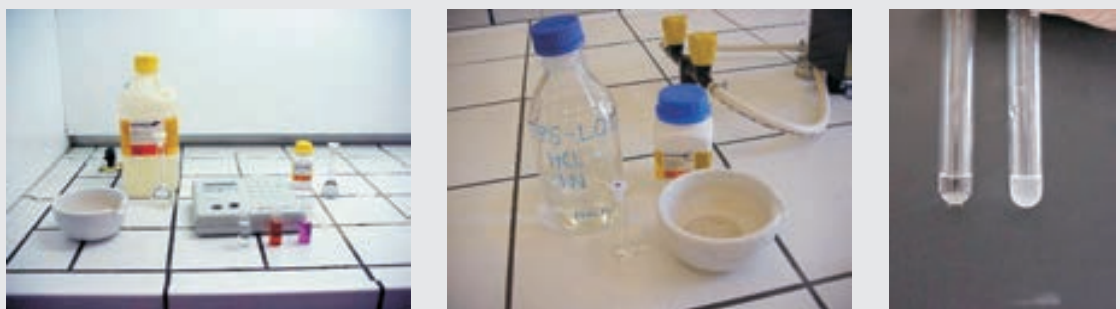


Figura 6 – Medição qualitativa e quantitativa de sais em laboratório

FE 6 – Medição do teor de humidade e temperatura

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 3 – Cobertura Captadora | Secção 6 – Climatização Geotérmica

**Com recurso a termohigrómetro digital**

A presença de humidade nos edifícios pode conduzir à deterioração estrutural, à alteração das propriedades térmicas, à perda dos revestimentos decorativos e ao desenvolvimento de microrganismos. A medição correta do teor de humidade dos materiais ou elementos construtivos bem como da temperatura ambiente e superficial permitem obter informação relevante acerca da existência ou não de humidade de condensação. Recorre-se para isso a termohigrómetros, ver Figura 7, dotados de eléctrodos pontiagudos que poderão avaliar a temperatura e teor de humidade em profundidade.



Figura 7 – Termohigrómetros digitais

**Método da resistividade eléctrica (madeira)**

A quantificação do teor de humidade, no caso da madeira, pode ser feita também eletronicamente através do método da resistividade eléctrica, utilizando um aparelho portátil dotado de dois eléctrodos pontiagudos, que se vão posicionando e adaptando à superfície em estudo (pinturas e vernizes), ver Figura 8. A condutibilidade eléctrica da madeira depende sobretudo do teor de humidade. Passa-se de 22000MW/cm para teores de humidade de 7% para 500MW/cm quando o teor de humidade é de 25%. O método da resistividade eléctrica baseia-se na enorme variação da resistividade eléctrica e uma fraca variação do seu teor de humidade.

A medição do teor de humidade na madeira é muito importante visto que a podridão na madeira só se desenvolve para teores de humidade superiores a 20-30% e é uma das causas principais de degradação estética e funcional destes elementos.



Figura 8 – Medição do teor de humidade em madeira

## FE 7 – Detecção de heterogeneidades em elementos de madeira

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 6 – Climatização Geotérmica

Este ensaio permite avaliar no local as zonas dos elementos de madeira que apresentam degradações, apodrecimento ou vazios internos, por sondagem reduzidamente intrusiva. O equipamento a utilizar – o resistógrafo, é um instrumento que mede a resistência mecânica por intermédio de perfuração. Relaciona a energia despendida pela penetração, a velocidade constante, de uma broca de pequeno diâmetro, num elemento de madeira, com a resistência que o elemento oferece à penetração. A resistência encontrada à penetração da broca de sondagem permite distinguir variações de densidade da madeira e permite traçar o perfil correspondente através de um registo desenhado. As perfurações são muito pequenas e quase impercetíveis pelo que este ensaio não traz grande influência na resistência mecânica da peça e proporciona informação qualitativa de grande interesse.

## FE 8 – Ensaio Laboratoriais

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 2 – Estufa Anexa

Os ensaios laboratoriais poderão fornecer a caracterização mecânica (por exemplo, da madeira e da argamassas), química (por exemplo da tinta e de sais) e física (por exemplo das argamassas e tintas) de materiais usados em vários elementos do edifício e trazer informação relevante e conclusiva para a elaboração do diagnóstico. Para a realização destes ensaios é necessário o transporte de amostras para laboratório o que, de certa forma, é uma desvantagem. As amostras devem ser colocadas, logo imediatamente após a recolha, num exsicador e transportadas nele até ao laboratório.

## FE 9 – Detecção de Metais

Secção 1 – Parede de Inércia | Secção 6 – Climatização Geotérmica

A deteção de elementos metálicos não visíveis a olho nu, poderá ser complementada com um detetor de metais (pacómetro, ver Figura 9) que para além de indicar o seu posicionamento pode também fornecer valores aproximados para a sua profundidade. Este ensaio pode ainda ser complementado com um equipamento de medição da corrosão, ver Figura 9.



Figura 9 – Inspeção com pacómetro e detetor de corrosão

## FE 10 – Avaliação estrutural e monitorização de edifícios

Secção 6 – Climatização Geotérmica

Esta avaliação estrutural deve ser feita recorrendo a um ou vários ensaios e equipamentos, nomeadamente: Inclínómetros para medição de inclinações; deflectómetros para controlo de assentamentos e fissurómetros para controlo de abertura de fendas, ver FE 1. Poderá envolver, ainda, a realização de determinados ensaios específicos, como os ensaios de “macacos planos” (ver FE 3) e o uso de aparelhagem fotográfica e videográfica e do equipamento topográfico.

Pretende-se com a presente ficha de Inquérito a recolha de dados relevantes para a elaboração do diagnóstico através de um diálogo a estabelecer com os proprietários, utentes ou construtores que conhecem e/ou habitam no edifício.

O questionário deve ser preenchido pelo técnico aquando da visita ao local.

### Identificação da pessoa inquirida:

Nome: \_\_\_\_\_ idade: \_\_\_\_\_  
 Morador / Proprietário / Construtor: \_\_\_\_\_

### Identificação do problema (anomalia):

Local: \_\_\_\_\_  
 Descrição: \_\_\_\_\_  
 Outras anomalias semelhantes – descrição: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 Caracterização da envolvente: \_\_\_\_\_

### Questões a colocar:

Data da ocorrência da anomalia: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Como ocorreu a sua evolução: \_\_\_\_\_

A anomalia tem evidências cíclicas? **SIM/NÃO**  
 Se Sim, em que altura do ano ocorreram ou ocorrem? \_\_\_\_\_

Tem correspondência com alguma atividade? \_\_\_\_\_  
 Qual? \_\_\_\_\_

Foram feitas obras, intervenções de reparação, manutenção do edifício? **SIM/NÃO**  
 Se Sim: \_\_\_\_\_  
 Quando foram realizadas? \_\_\_\_\_  
 Quais as intervenções efetuadas? \_\_\_\_\_

Quais os materiais que foram utilizados? \_\_\_\_\_

Foram feitas obras, intervenções de reparação, manutenção na envolvente do edifício? **SIM/NÃO**  
 Em que data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Quais? \_\_\_\_\_

De que tipo? Observações adicionais: \_\_\_\_\_

O técnico \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Abóboda**

Sistema construtivo côncavo ou arqueado construído com pedras aparelhadas ou com tijolo, destinado a cobrir um espaço entre duas paredes paralelas. Do ponto de vista geométrico, a abóbada é formada a partir de um arco que se desloca e gira sobre o próprio eixo, cobrindo toda a superfície do teto. As abóbadas variam de acordo com a forma do arco de origem. Há abóbadas simples e abóbadas compostas (formadas por várias abóbadas simples). A parte exterior da abóbada é designada por extradorso e a interior por intradorso.

**Alvenaria**

É um termo que designa o sistema construtivo de paredes e muros, onde se utilizam pedras ou blocos, naturais ou artificiais, travados em sobreposição por meio de argamassa ou apenas pela combinação de juntas, formando um conjunto rígido e coeso.

**Anomalia**

Defeito ou problema que é diretamente visível ou mensurável fora do normal ou comum, pelo que necessita de intervenções de reparação ou reabilitação.

**Áreas úteis**

Área medida em planta pelo perímetro interior das paredes que limitam os compartimentos destinados à ocupação humana permanente.

**Biodiversidade ou diversidade biológica**

É a diversidade da natureza viva, a variedade e a variabilidade existente entre os organismos vivos e as complexidades ecológicas nas quais elas ocorrem.

**Comprimento de Onda**

É a distância entre valores repetidos sucessivos num padrão de onda.

**Condução**

Processo de troca de calor quando existe contato direto entre dois corpos a temperaturas diferentes.

**Conforto térmico**

Definido como uma sensação psicológica que expressa satisfação com o ambiente térmico circundante.

**Convecção**

Processo de troca de calor por contato e diferença de temperatura entre um sólido e um fluido.

**Degradação**

Evolução irreversível das características funcionais ou estéticas de um material, elemento ou componente do edifício, relacionado com o envelhecimento, o tipo de utilização ou com uma causa externa.

**Diagnóstico**

Conjunto de procedimentos interdependentes e organizados com o objetivo único de compreender e explicar uma dada situação através da observação de sintomas, manifestações patológicas, ensaios e pequenas experiências.

**Dispositivos de oclusão noturna**

Todos os elementos que fazem parte das janelas e que servem para as tornar mais opacas, como sejam as portadas, estores (colocadas na parte exterior ou interior) ou cortinas opacas (no interior).

**Eficiência energética**

Atividade que consiste na utilização racional de energia, otimizando o uso das fontes de energia.

**Emissividade**

Representa a maior ou menor tendência que determinado corpo tem em emitir radiação.

**Fachada ventilada**

Sistema de revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma câmara ventilada.

**Gases efeito estufa**

Substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha emitida principalmente pela superfície terrestre, dificultando seu regresso para o espaço. O seu aumento está relacionado com as alterações climáticas.

**Geometria solar ou Geometria de insolação**

Estudo da forma do edifício e das obstruções à incidência da radiação solar.

**Higrométrico**

Comportamento sensível dos materiais e elementos face a variações da humidade do ar.

**Humidade de Condensação**

Proveniente do vapor de água que se condensa nos paramentos expostos ou no interior dos elementos de construção. A condensação depende da quantidade de vapor que o ar pode suportar e da temperatura.

**Isolamento acústico**

Define-se pela sua capacidade de impedir a passagem de som entre dois ambientes distintos;

**Isolamento térmico**

Propriedade de um material com capacidade de retardar o fluxo térmico, com elevados valores de resistência térmica.

**Massa de vidraceiro**

Material constituído por gesso seco que deve ser misturado com óleo de linhaça até se obter a consistência adequada. A massa de vidraceiro é utilizada na colocação dos vidros em caixilharia de madeira, de ferro e em claraboias ou para betumar as superfícies das madeiras, tapar fendas e outras irregularidades, a fim de as preparar para receberem pintura de acabamento.

**Mísula**

É um elemento saliente numa parede, geralmente vertical, com forma variável e que serve de suporte a vasos, esculturas, entre outros.

**Pontes térmicas**

Heterogeneidades inseridas na zona da envolvente (paredes, coberturas, pavimentos), como por exemplo certos pilares e talões de vigas.

**Radiação**

Transferência de calor de um corpo como o sol para outro por meio de ondas eletromagnéticas.

**Reparação**

Ação física que corrige os defeitos provocadas pela deterioração (anomalias) restabelecendo a função ou aspeto inicial.

**Sobreaquecimento**

Corresponde ao aquecimento excessivo de um espaço.

