



1. INTRODUÇÃO

Actualmente, segundo o Eurocódigo 6, designa-se por unidade de alvenaria o: “ (...) elemento produzido para ser utilizado na construção de alvenaria”, sendo exemplos o tijolo cerâmico e o bloco de betão.

Contudo nas primeiras construções, as unidades de alvenaria foram a pedra e o tijolo de barro seco ao sol ou cozido, uma vez que havia abundância de matéria-prima, tendo-se usado como ligante o saibro, barro, cal, gesso, etc.

A história da arquitectura inicia-se por volta de 9000 a 7000 a.C.. Quando surgem as primeiras civilizações surge paralelamente, como técnica de construção, a alvenaria. Um dos factores que mais influenciou a arquitectura ao longo da história foi o desejo de ostentação, edifícios que fossem o orgulho de um povo e que reflectissem o “status” colectivo (ou pessoal).

É evidente que o desenvolvimento das formas construtivas, no que concerne à construção de paredes, pilares e coberturas, sempre foi condicionado pelos materiais da zona e pelas técnicas dominadas pelos povos de cada época.

A escolha de materiais tinha em tempos remotos um grande peso no tipo de arquitectura realizada, condicionando de forma muito perceptível as obras edificadas.

A madeira, matéria fibrosa e bastante sólida em relação ao peso, podia ser talhada em comprimento, sendo assim possível, com este material, construir vigas ou colunas. Montantes estreitos de madeira suportavam vigas alongadas dando rectângulos espaciais mais largos que altos.

Por sua vez o peso da pedra levou a outras aplicações. Se os lintéis fossem finos e alongados como os de madeira partir-se-iam, tendo de ser curtos e posicionados a curtas distâncias entre os apoios, de forma tal que se produziam, espacialmente, rectângulos mais altos que largos.

Mas a relação que existe entre os materiais e a sua aplicação não residia só na distinção daqueles.

Se os construtores/arquitectos trabalhassem no abstracto apenas teriam relevo os problemas relacionados com as características dos materiais, mas outros factores ligados à época, ao país e à cultura determinam a maneira do arquitecto abordar também os problemas estéticos:



- A situação geográfica desempenhou, evidentemente, um papel importantíssimo. O exacto local da implementação da obra pode determinar a sua orientação e aspecto, logo o material a utilizar.
- O clima é outro factor importante. Senão veja-se a pouca inclinação do telhado do Partenon, a forte inclinação das moradias da Alta Sabóia e os tectos planos característicos de zonas áridas/desertas dos Pueblos do Novo México ou as casas de arquitectura vernácula da zona Algarvia.
- O material autóctone era, e ainda hoje é, um condicionante com grande peso na escolha de material a utilizar, quer por razões logísticas quer de natureza económica e mesmo culturais.

O estilo de uma época, de um lugar, e de um artista, depende pois de muitos factores: religiosos, políticos, geográficos, tecnológicos, económicos ...

De acordo com as últimas descobertas arqueológicas, e estas alteram constantemente os dados cronológicos, os primeiros exemplos conhecidos da construção em tijolo são da Mesopotâmia. Neste povo que vivia em terras do tigre e do eufrates (actual Iraque), nasceu um estilo determinado pelo tijolo, já que abundava muita argila e pouca pedra e/ou madeira. É certo que o tijolo não evoca, como a pedra, a ideia de permanência, do eterno, sendo de facto um material comparativamente mais frágil, mas de fácil acesso. Apesar de terem edificado obras de grande porte, como muralhas, torres, zigurates, a religiosidade destes não os levou à construção de edifícios tumulares, uma vez que não acreditavam na imortalidade da alma. Os cadáveres dos Monarcas, que seguiam a tradição, eram expostos às aves, não necessitando da perenidade da pedra, a qual nem para estas construções foi utilizada (salvo o Túmulo de Dario escavado na rocha).

A construção na Mesopotâmia exigia paredes espessas com poucas aberturas, o que originava a estreiteza das salas. O tijolo seco ao sol não era suficientemente resistente, pelo que o uso da coluna era excluído. O tijolo não podia servir de viga, e a madeira (Cedro do Líbano) era preciosa e de longo transporte, o que levou os construtores a recorrer ao seu engenho na procura de soluções e técnicas construtivas, entre elas os arcos e abobadas. Nos primórdios desta civilização, o tijolo utilizado nas construções era moldado em formas de madeira e seco ao sol, podendo levar ou não fibras naturais. Os edifícios desta época tinham contudo as fundações em pedra. Só mais tarde será utilizado o tijolo cozido e mosaicos em terracota.



Parafrazeando Pessoa, - ... o Homem sonha, a obra nasce -... e assim foi acontecendo ao longo dos séculos, uma vez que o Homem tem tido a capacidade de arranjar técnicas e processos de fazer com que a imaginação se torne uma realidade tangível.

Não existiam escolas de engenharia nem processos de divulgação interactiva das inovações e das técnicas construtivas que se iam desenvolvendo, adaptando, e surgindo. As regras de cálculo eram baseadas na experiência, na prática de edificar e na visualização do comportamento estrutural ao longo do tempo dessas construções históricas, seguindo-se regras puramente empíricas e intuitivas.

É devido às trocas comerciais (e também às guerras) que serviram de comunicação e de diálogo, que as técnicas construtivas do tijolo foram sendo introduzidas nas várias culturas, tendo-se estendido à escala do mundo mediterrâneo, sobretudo para estruturas residenciais de menor expressão.

Por sua vez, em civilizações onde a pedra era um elemento abundante, como no Egipto, na Síria e na Grécia, a construção da alvenaria em tijolo não teve tanta importância.

Os Etruscos por sua vez só utilizavam a pedra, como elemento construtivo, em túmulos e fortificações, utilizando nas restantes construções a madeira e o tijolo cru ou cozido. Esta forma de pensar a arquitectura será uma das grandes influências da Civilização Romana.

Roma mostrou-se extraordinariamente inventiva no domínio do urbanismo. A cidade é planeada e edificada com uma finalidade concreta. Foi necessário prever edifícios susceptíveis de comportar as multidões que afluíam à cidade.

Da solução de suportar o tecto de uma grande sala por meio de um sistema de lintéis e pilares, utilizada pelos Gregos, resultava uma compartimentação do espaço, que nem sempre era compatível com as necessidades Romanas.

A arquitectura e a arte de construir de Roma, é mais ligada às necessidades do Homem, visto que nasceu da emergência das cidades e teve necessidade de adaptar as plantas dos edifícios à sua utilização. Cabe à função determinar o plano de construção o qual, por sua vez, rege o aspecto exterior do edifício e revela (ou não) a sua natureza, mas determina também o seu interior, condicionando por vezes, o material a aplicar.



Ou seja, o conhecimento das regras construtivas devia (e deve) orientar-se para uma reflexão sobre o modo de utilização dos materiais aplicado à concepção da arquitectura.

Roma foi construída para durar, mas dando especial importância à função, sofrendo assim influência não só da construção Etrusca mas também da arquitectura Grega.

Este povo recorreu à pedra, mas principalmente utilizou o betão (amalgama de desperdícios de tijolos, telhas, saibro, cascalho e argamassa) para a construção de edifícios. A técnica utilizada para o uso do betão foi concretizada com o auxílio de cofragens. É curioso verificar que foram os Romanos os pais daquilo que hoje chamamos normalização de forma. Esta ideia de standardização foi pela primeira vez aplicada pelos romanos nas cofragens, sobretudo na construção de arcos e abóbadas. O Panteão que data de 124 d.C. tem uma das mais célebres abóbadas da época romana e exhibe a forma de uma verdadeira semi-esfera. Esta vasta cúpula repousa sobre um cilindro suficientemente espesso para lhe suportar o peso e a pressão. Contudo, esta última é de somenos importância, uma vez que foi feita de betão e moldada numa só peça com o auxílio de cofragens, tendo existido o problema da pressão apenas até à secagem desta.

No final, esta obra foi revestida a pedra, hoje desaparecida, mas a austeridade do tijolo cimentado (betão) aumenta visualmente o carácter imponente do edifício.

Em Portugal facilmente se identificam dois tipos construtivos: o do norte e o do sul do País, devido às influências fundamentais da nossa cultura:

- Mundo Mediterrâneo
- Cultura Centro-Europeia

Os Gregos que estiveram no cerne da transmissão da cultura no Mediterrâneo, apesar de dominarem a construção do tijolo e de a terem difundido, só a usavam nas suas construções domésticas, privilegiando a pedra nas edificações mais significativas do ponto de vista social, cultural e religioso.

Os Romanos, sobretudo na época imperial, incorporaram na sua cultura os materiais e técnicas construtivas do mundo mediterrâneo, mas a par da tradição grega da arquitectura de pedra passaram também a dar especial relevo à construção em tijolo, sobretudo a partir de Trajano e Adriano, que eram oriundos, curiosamente, do sul da península ibérica.



Em Portugal, facilmente se reconhece que a civilização Romana nos influenciou, em termos construtivos, com o uso da pedra no norte do País.

No sul a influência mais notória é a dos muçulmanos. Estes apoiados na tradição mediterrânea e sem rejeitar a pedra, sobretudo o reaproveitamento das pedras, privilegiaram o barro: o tijolo e o betão de terra.

Talvez um pouco abusivamente podemos concluir que o uso do barro e consequentemente das alvenarias do tijolo ocorreu tradicionalmente a sul do Tejo, com pequenas exceções onde a abundância de pedra facilitava essa solução.

O uso dos materiais cerâmicos verificou-se na construção de paredes, pavimentos e até em coberturas e abóbadas, sobretudo na região de Évora, Beja, Monsaraz, Moura e Serpa (O Mosteiro de Tibães é um exemplo de que este conhecimento não se expressou só no Alentejo).

Embora cada região tenha uma expressão diferenciada é sabido que a arquitectura vernacular e as características construtivas do sul de Portugal tem afinidades com situações similares do mundo mediterrâneo. A tradição construtiva do sul concretizou-se sempre pelo uso do reboco sobre as paredes.

Colocar tijolo à vista, “contradiz um conceito de transitoriedade em favor da permanência expressiva que poderia não ser bem aceite culturalmente na arquitectura vernacular, ou se quisermos espontâneo” [13], em contradição com a vizinha Espanha, que utilizam tradicionalmente o tijolo à vista.

Este material, quando utilizado à vista, traduz uma maior exigência nos “modos de fazer”, não tendo sido um acabamento muito apreciado, sobretudo nos pequenos aglomerados, por questões culturais e por motivos climáticos, uma vez que a cal era usada tradicionalmente quer pelas suas propriedades reflectoras do calor, quer por atenuar as imperfeições da parede.

O tijolo é assim um material utilizado com milénios de história, seguindo evoluções diferenciadas em vários países.

Em Portugal, o tijolo tornou-se um elemento de enchimento de alvenaria leve, sem funções estruturais e, em geral, revestido.



Em muitos países, este é ainda, como quase sempre foi, um elemento de alvenaria utilizado com face à vista, cuja maior vantagem (além da questão estética) é a ausência de trabalhos de reboco e pintura e a sua elevada durabilidade.

No fim do século XIX, com o início da produção de vigas e pilares em ferro fundido surgiu a primeira ameaça ao domínio da alvenaria como solução estrutural. Mas, no século XX, com a introdução da regulamentação (Reino Unido, França e Alemanha) para estruturas de betão armado, reduziu-se o uso da alvenaria como material estrutural, devido ao betão, por essa via, apresentar as características de um material estrutural durável, resistente, moldável e económico.

No entanto o desconhecimento sobre os materiais e técnicas tradicionais pode resultar em:

- Problemas de reabilitação de construções existentes
- Intervenções ineficientes no património construído.

Da análise abaixo indicada tem-se uma noção nítida de que a construção em alvenaria de tijolo, teve e ainda tem um grande peso na construção em Portugal, quer por questões tradicionais, quer por ser um material acessível no nosso país e que tem vindo a sofrer evoluções positivas.

Principais Materiais Usados na Construção	Nº EDIFÍCIOS, EM FUNÇÃO DO Nº DE PAVIMENTOS							
	Total	Com 1	Com 2	...	Com 5	Com 6	Com 7 ou mais	%
Elem. Resistentes	2861502	1530513	1115155		21918	8822	15279	100
Betão Armado	916035	400656	384764		16095	6756	13106	32
Paredes resistentes s/ serem de betão armado	945762	571411	323644		4149	1589	1539	33
Pedra	881830	464626	386051		1369	421	562	30
Madeira	31800	20147	10355		73	46	12	1
Outros	86075	73673	10341		232	40	60	3
Paredes exteriores	2861502	1530513	1115155		21918	8822	15279	100
Alvenaria de tijolo	1428650	745328	544588		66711	6338	10941	50
Alven. blocos de betão	662216	321891	288238		31115	1870	3713	23
Pedra não aparelhada	588120	322248	246955		14305	393	415	20
Madeira	23383	16508	6258		401	18	25	0.8

Quadro 1.1: Número de edifícios existentes em Portugal para os diferentes materiais de construção, de acordo com o número de pavimentos [11].

O tema do trabalho foi escolhido tendo em conta o problema urgente que há em Portugal da requalificação e reabilitação de grandes áreas nas zonas históricas das cidades, o qual implica a necessidade de identificação do tipo de técnicas a adoptar, e também considerando o grande esforço das empresas/universidades na concepção de novos materiais, não esquecendo os novos decretos e regulamentações sobre o tema.



2. TIPOS E FUNÇÕES DE PAREDES DE ALVENARIA DE TIJOLO

2-1 – Sobre os Tijolos...

Os blocos cerâmicos, vulgarmente designados por tijolos, são produzidos a partir de argila sendo dos materiais de construção mais antigos, logo a seguir à pedra e à madeira.

Nos primórdios da sua utilização a argila era amassada com palha, para conferir aos blocos mais consistência, sendo depois secos ao Sol. Hoje o tijolo cerâmico vai à cozedura ao fogo e adquire assim uma elevada resistência ao desgaste e à compressão, transformando-se assim num elemento construtivo também com baixa porosidade.

2-1-1 – Fabrico

A matéria-prima utilizada deve ser de boa qualidade, sendo prática corrente a utilização de dois tipos de argila com características diferentes, sendo uma mais plástica que a outra. Estas são doseadas de forma a que se obtenha uma pasta com características mais constantes que for possível, de forma a obter uma pasta bastante homogénea.

Os montes de barro formado pelas duas argilas são laminados verticalmente (para mais uma vez se tentar homogeneizar a pasta) e são seguidamente passados por cilindros metálicos que se encontram em rotação, para que a granulometria seja reduzida ao mínimo.

Para conferir à pasta condições homogéneas de humidade e plasticidade, esta é depois amassada com água.

Quando a pasta se encontra preparada entra em processo de conformação consoante o pretendido, sendo também sujeita a um processo de vácuo de forma a lhe ser retirado o ar que se encontra no seu interior, potenciando-lhes assim as características.

Após a extrusão, a pasta é cortada de acordo com as dimensões que se pretendem obter e que estão normalizadas.

Seguidamente, vai para câmaras de secagem onde esta operação deve ser bem controlada de forma a minimizar as fissuras que possam ocorrer durante este período, as quais se traduzem em desperdícios ou a menor qualidade do produto final.

Finalmente, após este processo de secagem, o produto está preparado para entrar na fase terminal que é o processo de cozedura em fornos de altas temperaturas (800° - 1000°). Finda esta operação os tijolos estão prontos a serem embalados e colocados no mercado.

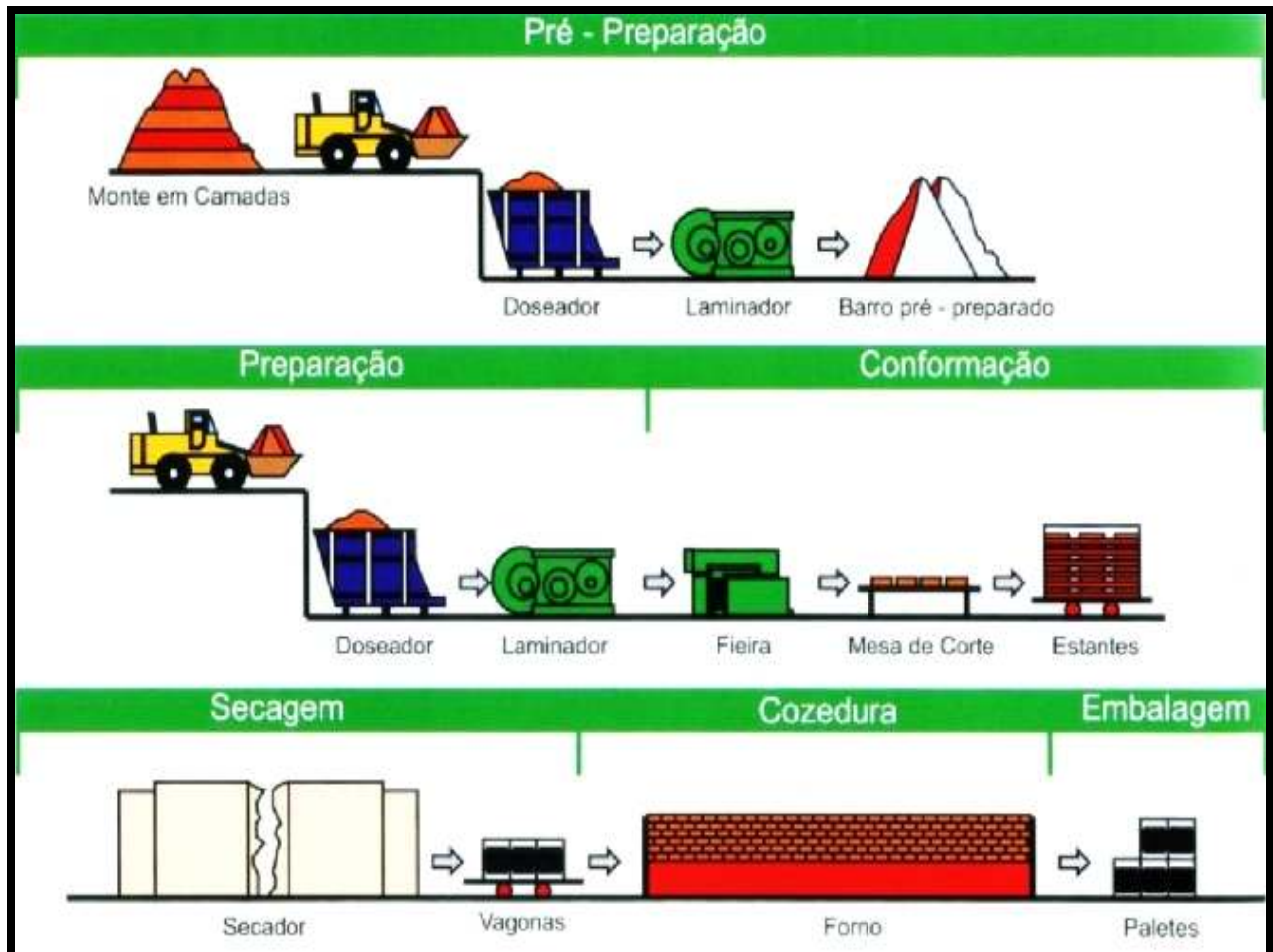


Figura 2.1: Fluxograma do processo de fabrico [3].

2-1-2 – Controlo de Qualidade

Hoje em dia é fundamental em qualquer área, e também na fabricação de tijolos cerâmicos, o processo de certificação e controlo de qualidade daquilo que se fabrica, pois permite ao utilizador obter um maior grau de confiança no material que vai adquirir, sendo ainda uma excelente ferramenta para o fabricante em todo o processo.

A empresa deverá pôr em prática um sistema de controlo de produto nas suas diferentes fases, devidamente monitorizado: recepção das matérias-primas, produto em vias de fabrico e produto final.



As argilas na fase de recepção e formação de montes devem ser controladas, designadamente, quanto à:

- Granulometria.
- Retracção após secagem e cozedura.
- Resistência mecânica após a secagem e cozedura.
- Porosidade.
- Isenção de calcários e eflorescências.

Quanto à fase de preparação e conformação o controlo deve ter em conta factores como:

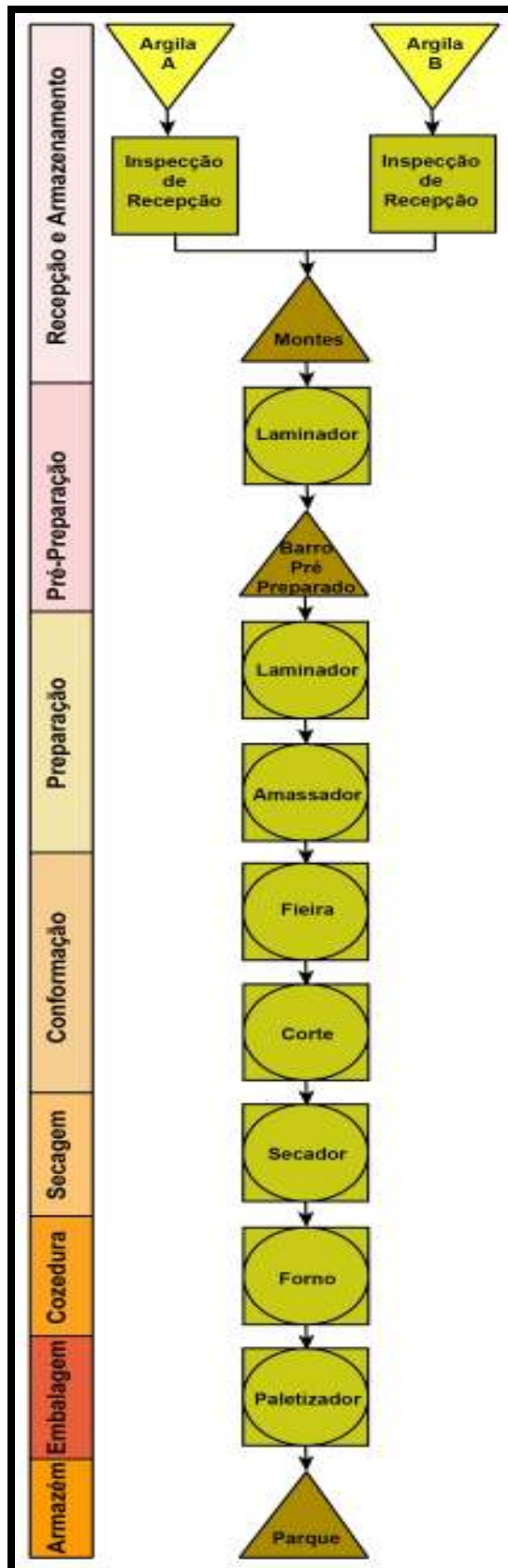
- Espessura das lastras.
- Humidade.
- Dimensões.
- Peso.
- Humidade.

Durante o período de secagem e cozedura os factores a serem analisados serão:

- Peso.
- Humidade.
- Dimensões.
- Aparência.

As características a declarar pelo fabricante devem ser:

- Resistência à compressão.
- Estabilidade dimensional.
- Aderência à argamassa.
- Absorção de água.
- Teor em sais solúveis.
- Reacção ao fogo.
- Permeabilidade ao vapor de água.
- Densidade e configuração.
- Resistência térmica.
- Durabilidade ao gelo e ao degelo.



Cada Fabricante estabelece os parâmetros de controlo, tolerância e periodicidade.

Figura 2.2: Fluxograma do processo de fabrico [3].



2-1-3 – Tipos de Tijolo

Os tipos de tijolo cerâmicos podem ser analisados quanto as suas características, dimensões e também quanto às suas aplicações.

2-1-3-1 - Quanto às suas características

Os tijolos podem ser: maciços, perfurados e furados, conforme a figura 2.3.

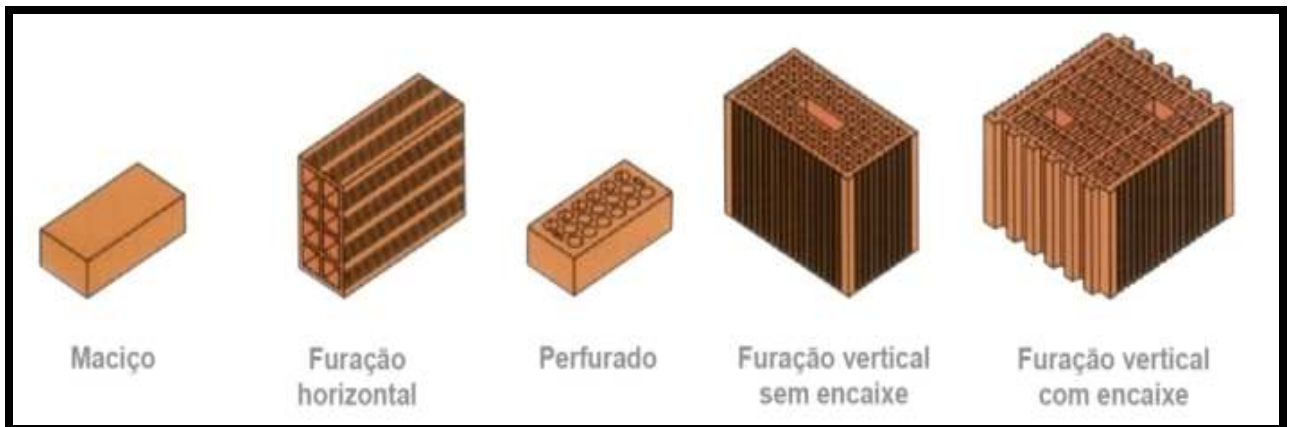


Figura 2.3: Tipo de tijolos [3].

2-1-3-2 - Quanto às suas dimensões

Os tijolos com furação horizontal podem ter as medidas das figuras 2.4 e 2.5.

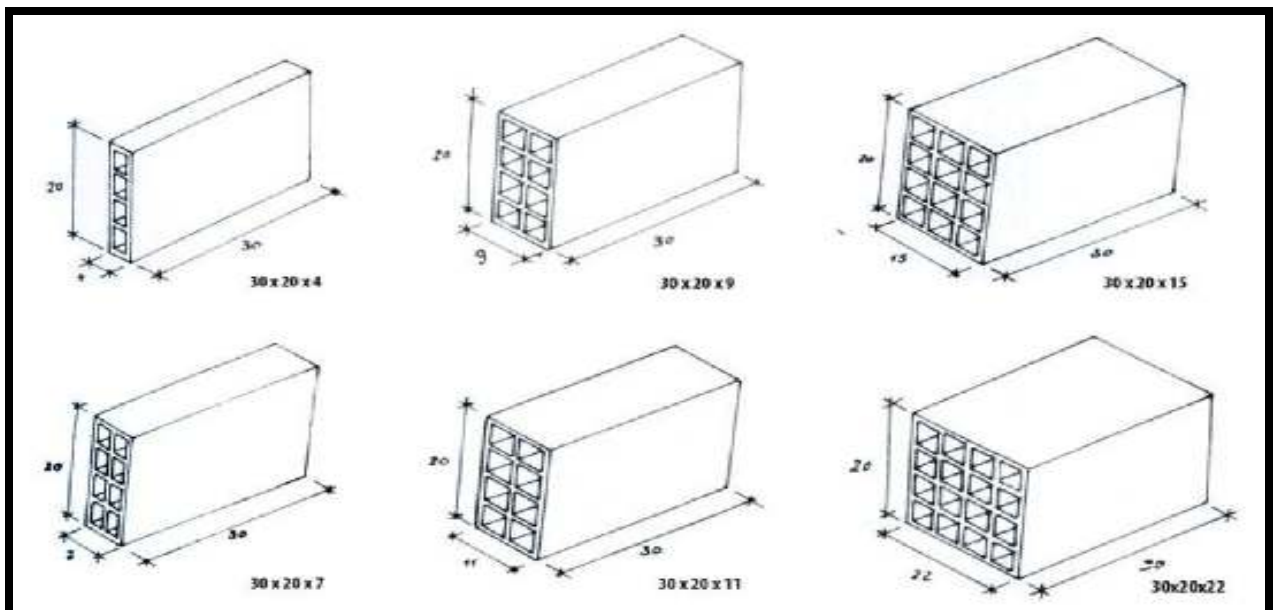


Figura 2.4: Formatos correntes de tijolo furado [19]

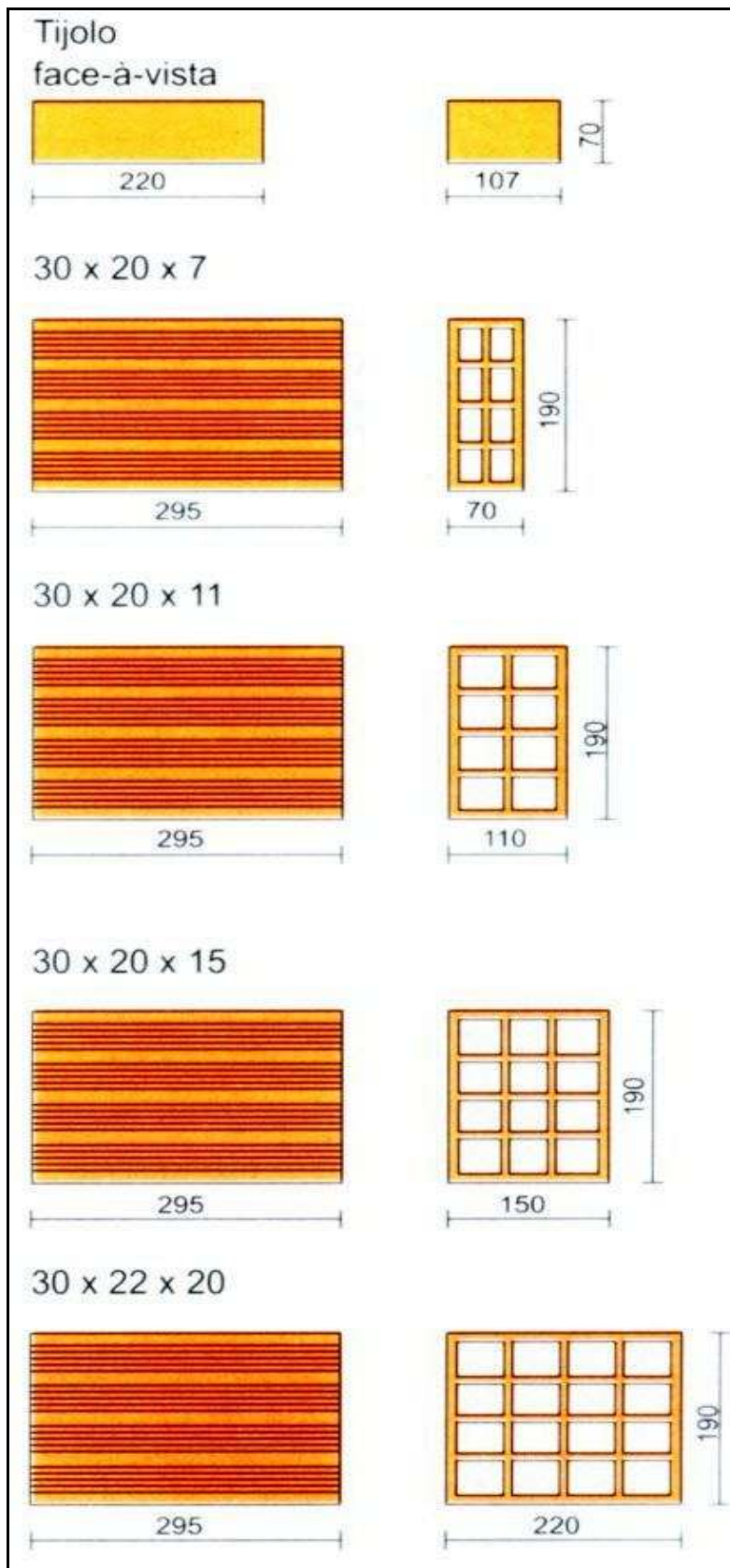


Figura 2.5: Formatos normalizados de tijolo segundo a antiga norma NP 834 [3].



2-1-3-3 - Quanto à sua aplicação

2-1-3-3-1 - Face à vista

As características dos tijolos devem vir especificadas no projecto, uma vez que os requisitos variam de acordo com a finalidade do uso, mas também com a parte estética do edifício.

As tonalidades destes elementos podem variar de fornecimento para fornecimento, pelo que não se devem aplicar lotes de diferentes fornecimentos ou então intercalá-los intencionalmente de forma a obter uma mistura homogénea.



Figura 2.6: Parede exterior – C.G.D. Avis [13].



Figura 2.7: Parede interior – Bib. da Moita [13].



2-1-3-3-2 - Enchimento

Não têm função de resistência a cargas para além do seu próprio peso.



Figura 2.8: Parede divisória [4].

2-1-3-3-3 - Resistente

Com função estrutural.

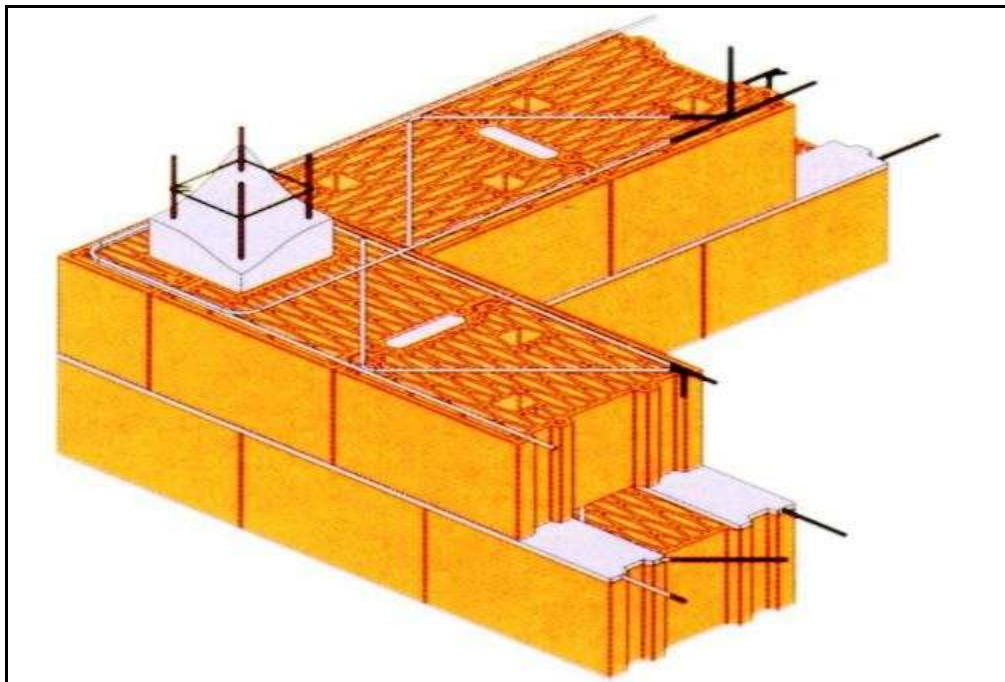


Figura 2.9: Parede estrutural armada [4].



O tijolo cerâmico de furação horizontal surge, como produto industrializado, no século XIX com a revolução industrial.

A evolução e a diversificação dos modelos têm vindo a acompanhar as exigências da edificação e das técnicas de construção.

O tijolo cerâmico utilizado em alvenaria é cada vez mais um produto técnico com características e comportamentos em obra sujeitos a maiores exigências, e com normas e documentos de referência, laboratórios responsáveis por ensaios, maior ligação entre empresas e Universidades a nível sobretudo de investigação, critérios de rejeição e de aceitação...

“No futuro o tijolo cerâmico irá evoluir nas suas características, nomeadamente na geometria, permitindo cada vez mais uma construção inteligente”[20].

Exemplos de alguns tijolos já utilizados no Brasil.

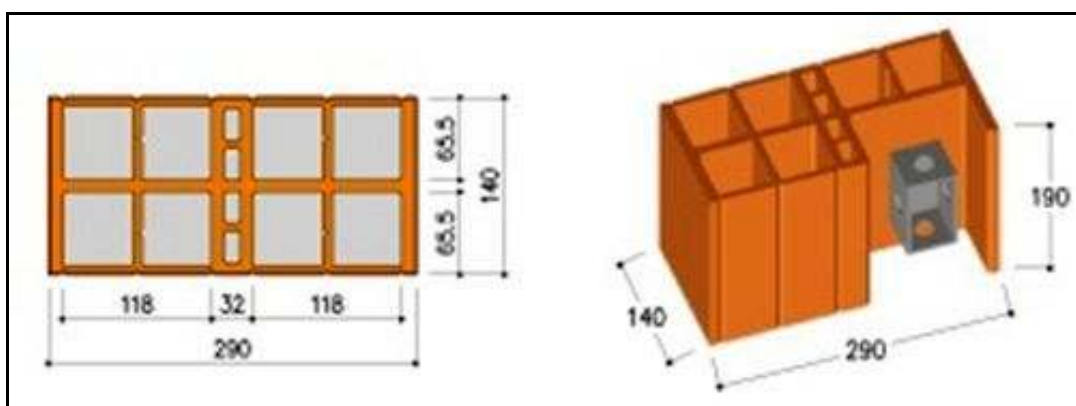


Figura 2.10: Bloco Eléctrico [20].

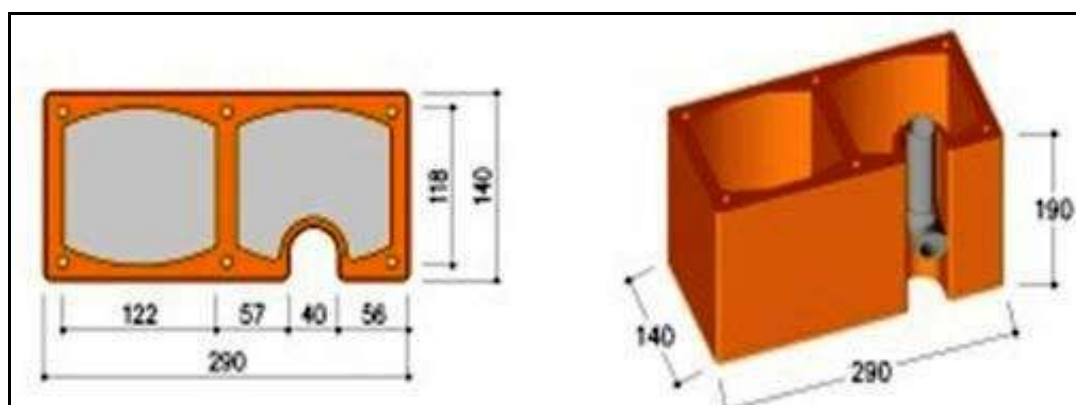


Figura 2.11: Bloco Hidráulico [20]



2-2 – Paredes de Alvenaria de Tijolo

A palavra alvenaria deriva do árabe “albanna” – estando as edificações em alvenaria entre as construções que têm maior aceitação pelo Homem, em todos os tempos. Edifícios monumentais em alvenaria de tijolo ainda permanecem de pé apesar da passagem do tempo sobre a sua construção. A alvenaria foi o principal método construtivo até ao início do século XX, e o tijolo é o mais antigo dos materiais manufacturados ainda com uso generalizado, e tal deve-se também às suas características.

A alvenaria de tijolo é considerada um material ortotrópico, pois possui propriedades que são diferentes na direcção da furação longitudinal dos tijolos e na direcção perpendicular a esta, sendo assim um caso especial de anisotropia onde as propriedades mecânicas são diferentes em diferentes direcções, mas não obedecendo a nenhuma simetria em relação a um plano ou a um eixo.

2-2-1 – Tipos de alvenaria

Os tijolos para alvenaria podem ser utilizados em aplicações:

- Tradicionais (previstas nas normas e regras tradicionais de boas práticas);
- Não tradicionais ou inovadoras (estas ficam a cargo dos projectistas, os quais podem definir essas aplicações com base em documentos de homologação ou em ETAs emitidos sobre os tijolos com carácter inovador).

Se considerarmos as aplicações dos tijolos em alvenaria podemos considerar:

- A alvenaria rebocada: pode ou não ser resistente, usada no interior ou exterior, e é rebocada com argamassas.
- A alvenaria aparente: pode ou não ser resistente, usada no interior ou exterior, mas com elevados requisitos estéticos de aparência.
- A alvenaria estrutural: resistente a cargas para além do peso, e tendo como função resistir a acções actuantes na estrutura: acções horizontais e verticais, acções sísmicas e do vento, etc. Pode ser de face aparente ou rebocada. As paredes estruturais de tijolo só são usadas em edifícios de um ou dois pisos, não se apresentando até agora com grande expressão em edifícios com três ou mais pisos.



Contudo com o EC6 e EC8, já se dispõe de informação técnica necessária para projectar edifícios destes em segurança. A resistência do tijolo é muito importante neste tipo de construção, uma vez que ele é particularmente resistente à compressão, devendo esta característica ser valorizada quer no fabrico quer na aplicação. É assim frequente utilizarem-se tijolos de furação vertical como indica a figura seguinte:

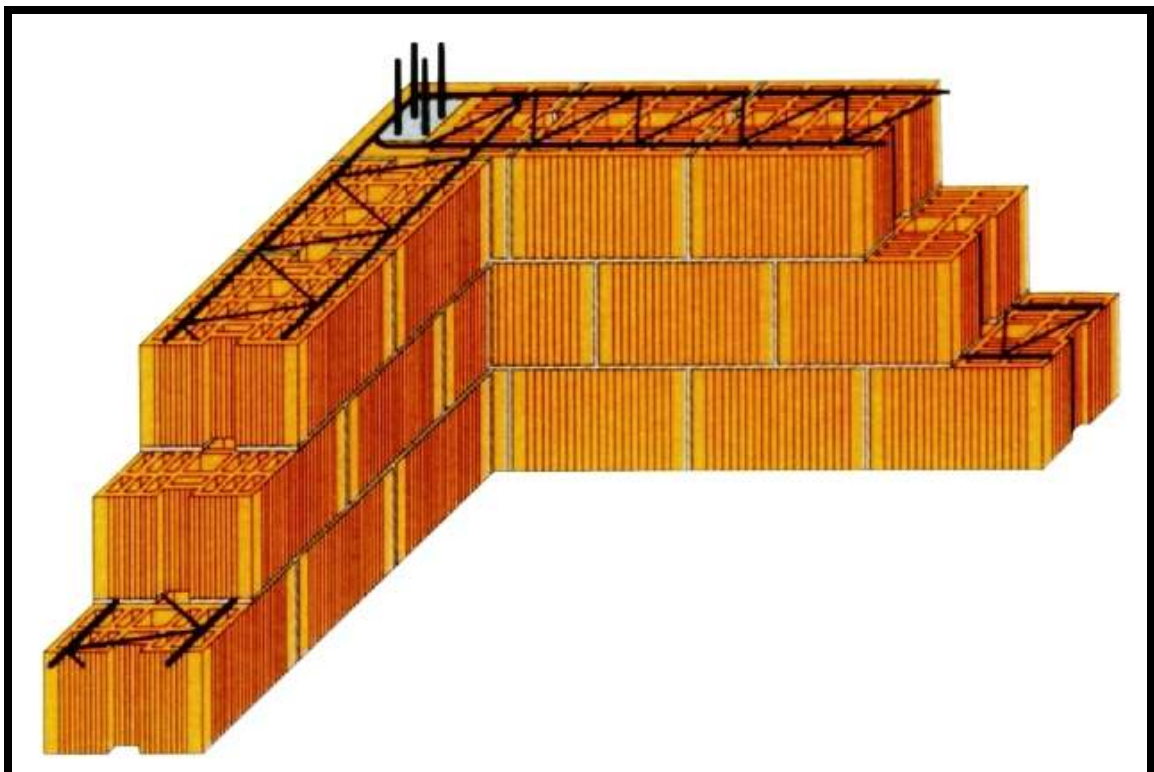


Figura 2.12: Parede estrutural armada com tijolos de furação vertical [3].

- A alvenaria armada: As paredes de alvenaria armada são paredes onde se aplica armaduras de aço:
 - Nas juntas horizontais de assentamento (Figura 2.13).
 - Nalguns alinhamentos, quando se utiliza tijolo de furação vertical, posteriormente preenchido com argamassa ou betão.

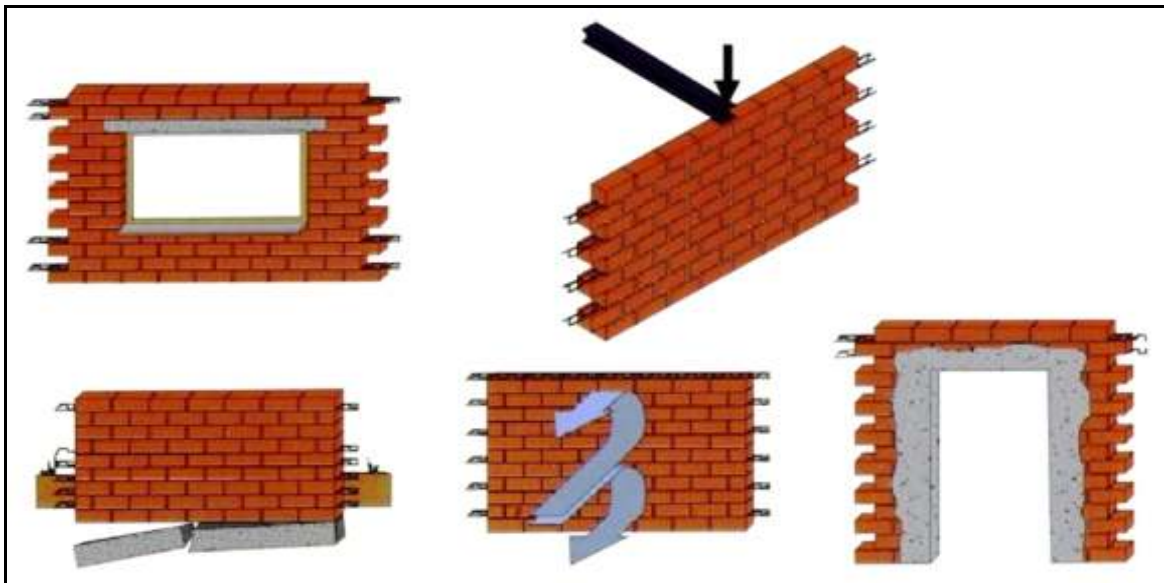


Figura 2.13: Armaduras em juntas de assentamento de paredes de alvenaria [3].

Este tipo de parede faz aumentar a resistência mecânica das alvenarias, sendo mais eficaz no que concerne a acções horizontais relativas aos sismos e ao vento, ou quando há grandes concentrações de cargas, para além de se evitar o surgimento de fissuras graves.

Além destas aplicações as alvenarias deverão ainda apresentar bons desempenhos de resistência ao fogo, isolamento térmico e acústico.

2-2-2 – Tipos fundamentais de paredes

2-2-2-1 – Paredes exteriores

A sua funcionalidade consiste no isolamento, fecho, e protecção de um edifício face a factores externos, devendo ainda, garantir o conforto térmico e acústico.

O tijolo cerâmico é de longe o componente mais exaustivamente empregue na construção de paredes exteriores pois:

- É um produto que por ser cozido apresenta uma menor absorção de água.
- Permite a construção de planos delgados.
- É de fácil obtenção e de fácil manuseamento.

Estas paredes apesar de terem de resistir às agressões exteriores e possuírem resistência mecânica, não devem contudo ser completamente impermeáveis.



No interior dos edifícios produz-se vapor de água, as instalações sanitárias são cada vez mais interiores, pelo que as paredes exteriores necessitam “respirar”, uma vez que, quando o vapor de água é retido, origina manchas de humidade que levam à degradação dos edifícios por falta de arejamento.

A construção das paredes exteriores têm vindo a sofrer alterações em Portugal como se pode constatar pela figura abaixo apresentada.

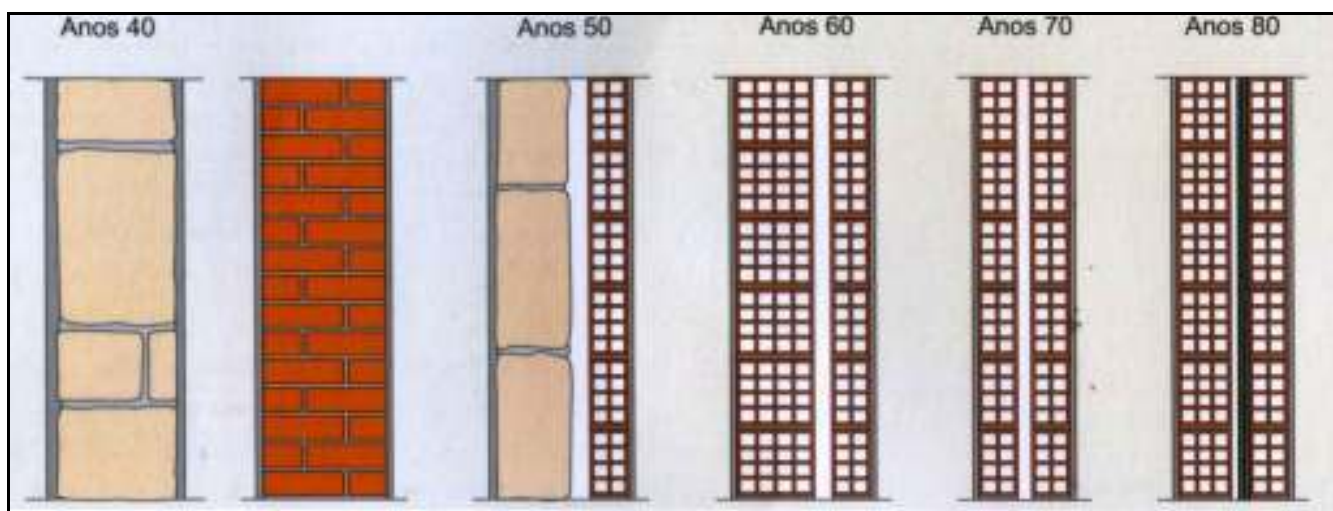


Figura 2.14: Síntese aproximada da evolução das paredes exteriores em Portugal [3].

Anos 40 - Paredes de pedra, ou simples de tijolo (maciço ou perfurado).

Anos 50 - Paredes de pedra com pano interior de tijolo (com ou sem caixa de ar).

Anos 60 - Paredes duplas de tijolo furado com um pano espesso e um pano mais fino.

Anos 70 - Paredes duplas de tijolo furado com panos iguais.

Anos 80 - Paredes duplas com isolamento térmico.

As paredes exteriores são em geral constituídas com uma caixa-de-ar ou por um pano de maior espessura.

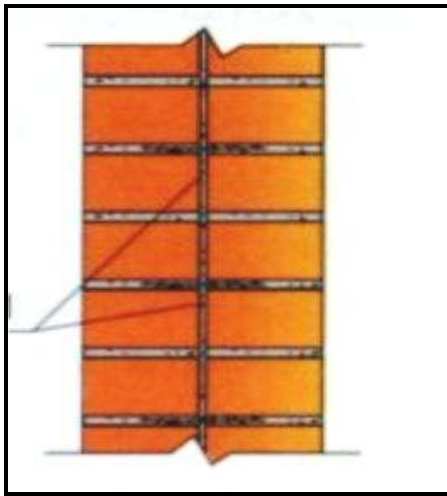


Figura 2.15: Parede de dois panos
(paredes duplas sem caixa de ar) [4]

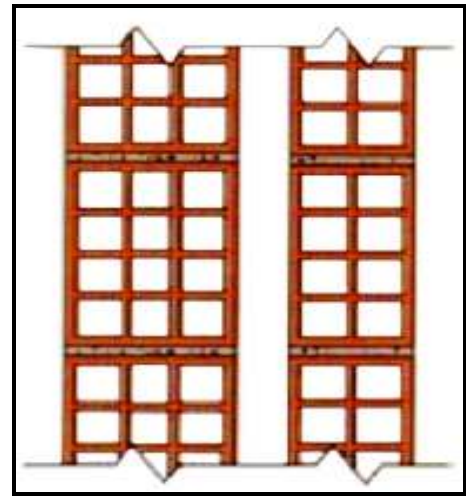


Figura 2.16: Parede com caixa-de-ar
sem isolamento [4]



Figura 2.17: Parede dupla com isolamento [3]

O pano exterior deve ser mais espesso como mostra a última figura, em particular, para contrariar eventuais expansões térmicas ou hidrófugas. A caixa-de-ar deve ter uma caleira de drenagem na parte inferior com tubos para a saída de água e na parte superior deve ter tubos de ventilação. Para melhor isolamento quer térmico quer acústico, a caixa-de-ar pode ser totalmente ou parcialmente preenchida com um isolamento.



2-2-2-2 – Paredes interiores

Além da evidente função de compartimentação, as paredes divisórias têm também as funções de isolamento acústico e de servirem para acondicionar as canalizações. A estas paredes atribui-se também a função de travamento (ou contraventamento).

São exemplos de paredes interiores as paredes divisórias, as paredes que separam os diversos fogos por piso, as paredes dos armários, também designadas por tabiques, e ainda as paredes com funções de travamento.

As paredes interiores que formam a caixa de escada e contêm os elevadores são normalmente de betão, pelo que não se consideram no âmbito deste trabalho.

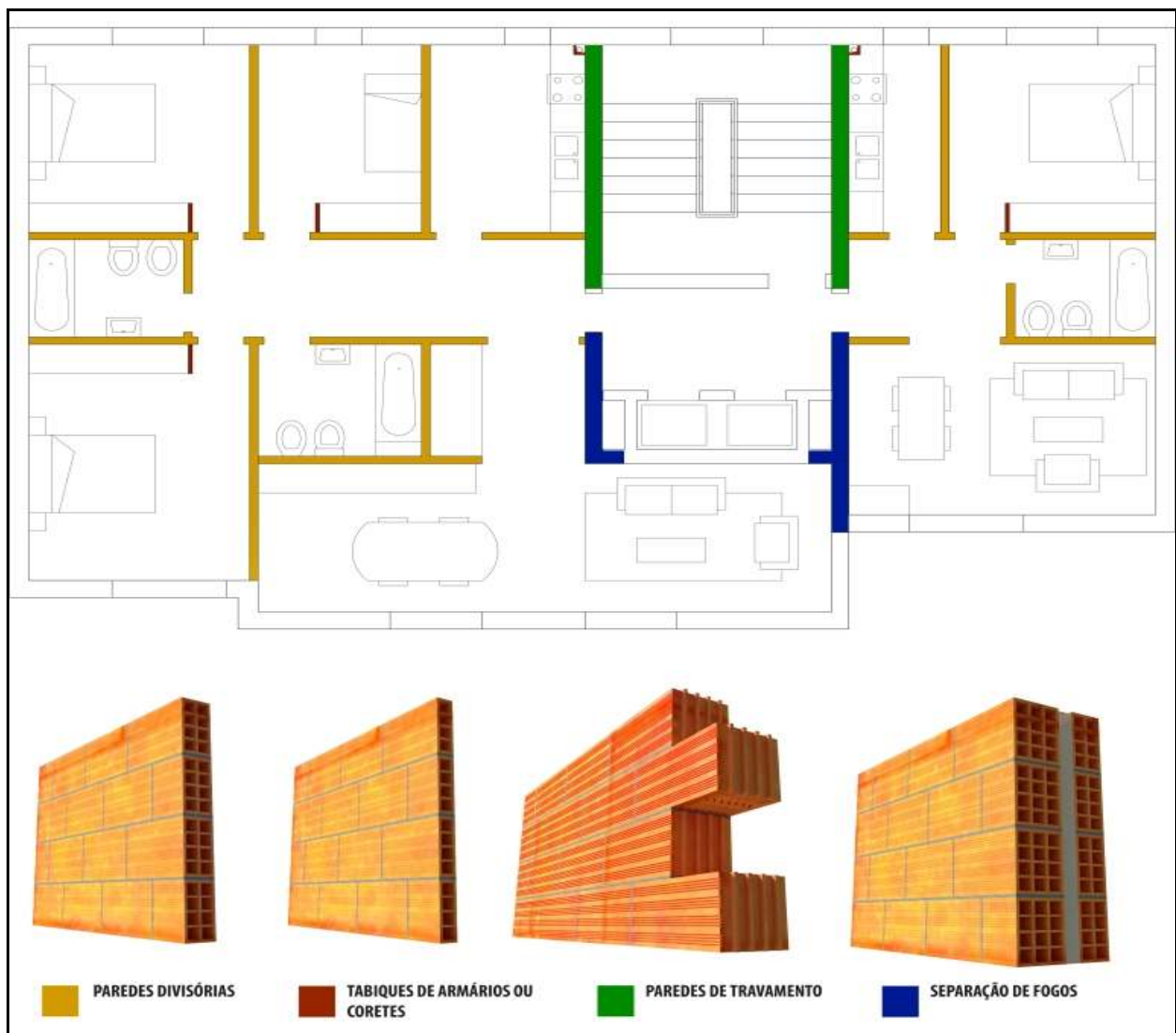


Figura 2.18: Planta exemplificativa de um piso, de autor



3. CONCEPÇÃO, PROJECTO E EXECUÇÃO

A evolução histórica e tecnológica que a sociedade continuamente vive mostra-nos que, a partir da revolução industrial, os programas de habitação têm estado em constante evolução e têm sido alvo dos mais variados dogmas sobre como deve ser a sua formulação.

Ao longo dos tempos foi necessário introduzir na casa “elementos” que até então não haviam nunca existido: saneamento, electricidade, instalações sanitárias, etc. Hoje mais “elementos” se vão introduzindo, novas redes, tecnologias, recursos, e eles aparecem a uma velocidade que ultrapassa até o tempo de construção das casas. É assim indispensável que elas sejam dinâmicas e readaptáveis.

Por outro lado as dinâmicas de mobilidade geográfica, os níveis de escolaridade, a emancipação, reflectem um contexto social no qual o problema de durabilidade da casa tem também uma perspectiva tipológica.

Poderá a casa projectada e construída para a família tradicional adequar-se às formações não tradicionais? À saída tardia de casa dos pais, à partilha das casas com amigos, à casa como lugar de trabalho...?

Hoje as casas devem ser adaptáveis e possibilitar facilmente, por adição ou subtracção de paredes divisórias, alterações periódicas necessárias e adequadas aos novos ritmos de vida [12].

As casas hoje têm de ser acima de tudo sustentáveis (em sentido lato) [12].

3-1 – Escolha do material: Aspectos sociais, económicos e ambientais

O material de construção, blocos de tijolo, são uma boa escolha quer para a vida útil da construção quer para quem a habita.

Quer seja do ponto de vista ecológico, económico ou social, estes materiais constituem uma opção sustentável e apresentam análises de ciclo de vida favoráveis, com impacto ambiental comparativamente baixo.

Hoje em dia eles são já confeccionados em fábricas modernas que requerem um menor consumo de energia e possuem equipamentos para se reduzirem as emissões de CO₂, além de que, devido ao seu bom desempenho térmico, os materiais cerâmicos podem melhorar o impacto ambiental.



Estes possuem uma durabilidade muito grande, ajudando a minimizar os custos de climatização e de aquecimento, podendo proporcionar um bom desempenho económico.

Os edifícios mantêm um equilíbrio de CO₂ muito positivo ao longo da sua vida útil e por fim proporcionam excelentes condições de vida e clima interior graças à sua porosidade, à sua massa e à sua resistência elevada a incêndios e a infiltração de humidades [14].

3-1-1 – Aspectos sociais

3-1-1-1 – Conforto de vida

Um ambiente confortável é algo difícil de quantificar, pois cada um de nós tem a sua própria noção de conforto, mas mesmo assim pode-se dizer que, em geral, os edifícios em tijolo oferecem um nível de conforto elevado.

No entanto algumas noções são quantificáveis como por exemplo:

- Desempenho acústico / Isolamento sonoro
- Conforto térmico (temperatura da superfície das paredes, diferença entre a temperatura da superfície e a ambiente, circulação de ar na divisão)
- Capacidade da parede para absorver a humidade.
- Inércia térmica / Armazenamento de calor.
- Nível de emissões tóxicas da estrutura do edifício para o ambiente interno.
- Nível de segurança em caso de incêndio, inundação e roubo.
- Nível de flexibilidade inerente ao desempenho do edifício.

3-1-1-2 – Clima Interior

O clima interior pode ter um efeito muito significativo na sensação de bem-estar dos ocupantes, e o efeito das paredes de tijolo é muito relevante a este respeito. Devido ao seu óptimo desempenho térmico em paredes duplas e com isolamento exterior ou na caixa de ar, a temperatura da superfície interior é elevada mesmo quando no exterior está frio, sendo também importante que a diferença entre temperatura da superfície interior e a temperatura do ar interior seja mínima.

A circulação de ar causada pelas diferenças de temperatura, ou por imperfeições da construção da zona exterior deve também ser mínima.



A porosidade dos tijolos cerâmicos permite-lhe absorver a humidade do ar no interior quando esta é elevada e restituí-la quando o ar interior seca mais.

Além da humidade, as paredes de tijolo podem também absorver e armazenar os ganhos de calor solar, sendo este um factor que permite o equilíbrio climático durante o Verão. É evidente que há que ter cuidado com as pontes térmicas (frio), tais como as que surgem nos cantos de compartimentos, caixilhos das janelas, onde as temperaturas à superfície são significativamente mais baixas.

Hoje, já começam a aparecer na indústria dos tijolos soluções a nível do projecto para minimizar os efeitos das pontes térmicas.

3-1-1-3 – Segurança (a nível de água, incêndio, roubos, sismos, etc.)

Os tijolos cerâmicos não são combustíveis e possuem uma excelente resistência ao fogo não emitindo substâncias ou gases nocivos. Não sofrem danos estruturais durante incêndios (de pequena ou média intensidade) podendo manter as funções de capacidade portante após a recuperação do edifício.

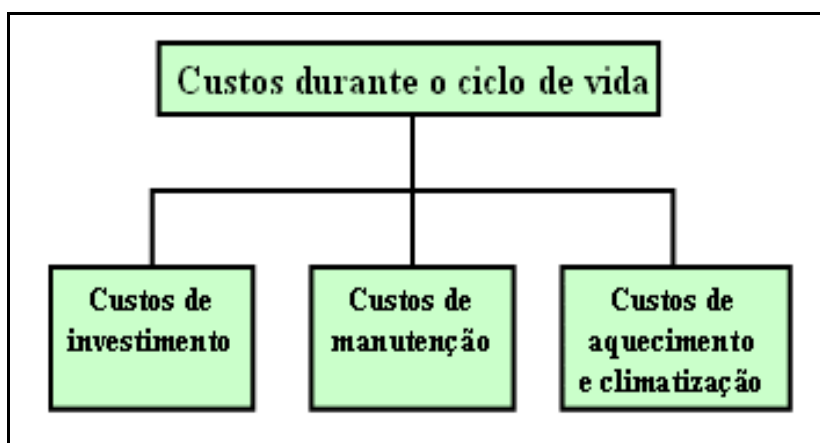
As paredes de tijolo podem também suportar: saturações de água quer devido a inundações, quer a canos rotos, sem ser, de forma significativa, afectadas negativamente em termos estruturais; e cargas horizontais como as devidas a sismos, embora possa ser necessário reforçar as mesmas tendo em conta as diferentes áreas sísmicas.

Finalmente, podem oferecer um elevado nível de segurança no que concerne à entrada de intrusos.

3-1-2 – Aspectos Económicos

3-1-2-1 – Custos durante o ciclo de vida

A avaliação económica de um edifício leva em conta todo o seu ciclo de vida: os custos do investimento, manutenção e aquecimento.



Quadro 3.1 – Tipo de Custos [14].

Investigações recentes demonstram que a vida útil de uma parede de tijolo com reboco não decorre apenas de critérios quantificáveis relacionados com os estados limites dos materiais mas que hoje a parte estética é um critério com grande peso.

Numa fase inicial a deterioração pode não ser evidente mas quando as anomalias aparecem há a necessidade de corrigir iniciando-se um processo de decisão que equilibre a necessidade de intervenção com questões relacionadas com os custos.

Outros custos estão associados com a energia consumida pela climatização do edifício, dependendo do local da construção e do tipo de energia usada (electricidade, combustíveis fósseis, energias renováveis, etc.).

3-1-2-2 – Custos de investimento

Em termos de gastos iniciais de capital, a construção de um edifício pode variar consoante o tipo de material utilizado na sua construção, por exemplo: uma moradia em alvenaria resistente de tijolo é menos dispendiosa do que uma em betão; dando como exemplo as Torres Oriente e Ocidente no Parque das Nações, em Lisboa, cujo poço do elevador é em betão (20% da construção) sendo a estrutura metálica e o edifício forrado a fachada de vidro, a sua construção é evidentemente mais dispendiosa do que de um edifício em betão e alvenaria. O ideal é otimizar os custos totais durante toda a vida útil do edifício, tendo em conta também a manutenção e as reparações onde a variação de custo é substancialmente maior.



Por exemplo, uma parede dupla requer um dispêndio de capital muito superior ao de uma parede simples, mas uma parede dupla apresenta uma longevidade muito grande sem ter de se recorrer a reparações significativas.

3-1-2-3 – Custos de manutenção

Já vimos que os custos de manutenção de edifícios com paredes de tijolo são geralmente muito baixos, requerendo pouca atenção durante a sua longa vida.

A manutenção pode ser reactiva ou curativa quando os edifícios já estão muito degradados.

Nos últimos anos têm-se assistido sobretudo a uma manutenção com intervenções curativas, embora a melhor solução seja uma intervenção reactiva.

Em casos de edifícios novos já se vai aplicar uma manutenção pró-activa com a implementação de metodologia de manutenção desde a fase de projecto, sistematizada em planos de inspecção e manutenção, definição de periodicidade de intervenção, etc.

3-1-2-4 – Custos de aquecimento e climatização

Os custos de aquecimento e climatização durante a vida de um edifício são significativos, não só a nível económico, mas também ao nível ambiental devido à necessidade de se reduzirem as emissões CO₂ pelos sistemas de aquecimento residenciais, factor importante para dar cumprimento dos níveis acordados em Quioto.

Os custos de aquecimento estão directamente relacionados com a energia consumida por um edifício, que por sua vez é influenciada por vários factores, como [14]:

- A localização do edifício (clima).
- A geometria (dimensões) e a forma (razão volume/área).
- Desempenho térmico (U) do revestimento do edifício.
- Inércia térmica (capacidade térmica de explorar os ganhos de energia).
- Ventilação.
- Eficiência do sistema de aquecimento.
- Número de ocupantes e o seu estilo de vida.

Na realidade, a escolha da energia usada para o aquecimento ou a climatização pode ser muito decisiva para os custos, mais do que o tipo de construção de paredes.



3-1-3 – Aspectos Ambientais

3-1-3-1 – Consumo de energia em aquecimento

Os desempenhos térmicos dependem do tipo de construção da parede.

Quanto mais baixos os valores de U dos elementos exteriores ao edifício, menor a energia necessária para o aquecimento. As paredes de tijolo maciço com isolamento adicional podem atingir valores de U baixos [14], as paredes duplas e as paredes de tijolo com isolamento adicional podem, em princípio, atingir qualquer valor U pela variação da espessura do isolamento [14].

Materiais	Bloco Simples 50cm	Bloco Simples 38cm	Bloco Simples 30cm + Isolamento 10cm	Bloco Simples 25cm + Isolamento 12cm	Bloco Simples 20cm + Isolamento 16cm	Parede Dupla + Isolamento 10cm	Parede Dupla + Isolamento 15cm
Valor U da parede	0,27	0,37	0,24	0,25	0,2	0,34	0,2
Espessura (cm)	54	42	42	39	38	39	56
CONSUMO DE ENERGIA EM AQUECIMENTO (kWh/m²a)							
Sem sistema de ventilação	43	46	40	41	38	45	40
Com sistema de ventilação	24	28	22	23	20	26	21
Mínimo	17	20	14	16	13	19	13

Quadro 3.2: Consumo de energia em aquecimento para diferentes tipos de paredes em tijolo num prédio residencial típico de 18 apartamento [14].

Em muitos países, a tendência é a construção de “low energy houses” que têm baixo consumo energético (CBCE), ou mesmo casas passivas (CP). O quadro seguinte indica os valores necessários para esta classificação.



elemento de construção	CBCE	CP
	valor U (W/m ² K)	
parede exterior	0,30 - 0,20	≤ 0,15
Telhado /último andar	0,15	0,10
Fundações / cave	0,30 - 0,20	≤ 0,15
Janelas U _f	1,50 - 1,20	≤ 0,80
portas	1,60	1,00
Pontes térmicas	+	+++

Quadro 3.3 [14]

Quanto à inércia térmica, as paredes de tijolo podem armazenar os ganhos de energia, sobretudo no Verão, e irradia-la quando é necessário. É também importante ter em conta o estilo de vida dos habitantes.

Quando se mantêm as janelas abertas o dia todo, sobretudo no Inverno, a entrada da humidade existente no exterior pode anular os benefícios relativos à eficácia energética. Da análise da figura 3.1 as perdas pelas janelas são de 19%.



Figura 3.1: Contributo médio para as perdas de energia [14].



3-1-3-2 – Impacto Ambiental dos Materiais

Com base na avaliação do ciclo de vida efectuado em várias fábricas de diferentes países determinou-se o impacto ambiental médio de 1kg de tijolos, considerando-se os seguintes factores:

- A exigência em recursos energéticos renováveis.
- A exigência em recursos energéticos não renováveis.
- O efeito estufa.
- A emissão de ozono.
- Nevoeiro fotoquímico
- Acidificação
- Nitrificação [14] (citando GBC - The Green Building Challenge - Building Material).

Os resultados mostram que os produtos cerâmicos exercem pouco impacto ambiental quando comparados com outros materiais, por m² de construção [14] (citando Dimarche HQE).

3-1-3-3 – Avaliação do ciclo de vida da construção

Um aspecto do projecto de equilíbrio ecológico dos tijolos, com base nas avaliações do ciclo de vida, das fábricas destes materiais efectuadas em vários países foi a avaliação “do nascimento à morte” das construções com paredes neste tipo de tijolos.

A avaliação ecológica dos edificios tem de ter em conta toda a vida útil da construção abrangendo:

- Extracção das matérias-primas.
- Fabrico dos materiais.
- Construção do edificio.
- Fase de utilização.
- Manutenção e Reparação.
- Demolição.
- Reutilização.
- Remoção dos resíduos.



Os resultados da avaliação foram:

A escolha do sistema de aquecimento e de tipo de combustível usado tem uma influência nitidamente maior na avaliação da vida útil do que a construção das paredes e o seu desempenho térmico.

O gráfico abaixo apresentando mostra os resultados de uma avaliação ecológica do ciclo de vida de construções com paredes de tijolo, quando se comparam vários combustíveis e sistemas de aquecimento, durante 90 anos.

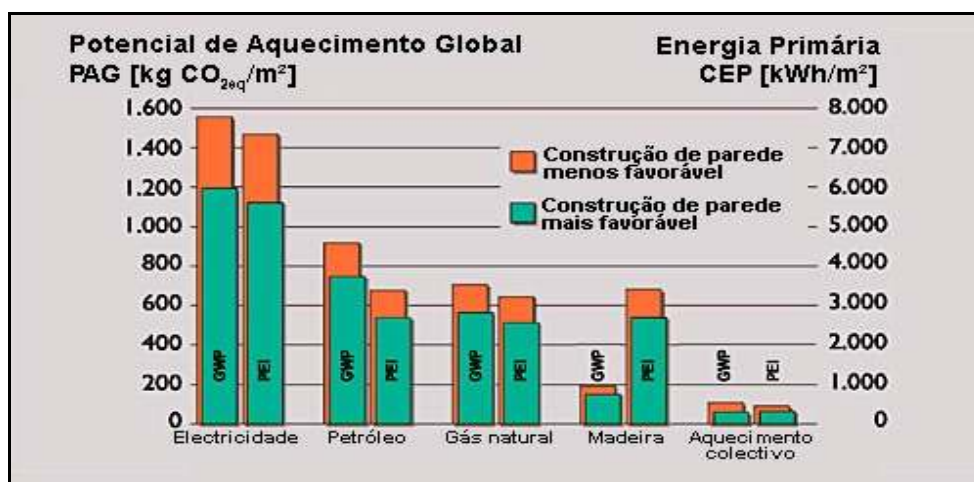


Gráfico 3.1: Avaliação ecológica do ciclo de vida de uma construção em tijolo [14].

No âmbito do Green Building Challenge Project foram desenvolvidas ferramentas de avaliação para determinar o resultado em termos do ciclo de vida ecológico total (Total Quality – Na Áustria e Dimanche HQE em França)

3-1-3-4 – Equilíbrio de CO2 no edifício

Segundo alguns estudos, uma construção de tijolo que dura 90 anos e com 150m² de área, necessita em média de 40 toneladas de tijolo, as quais produzirão 7760kg de CO2 durante o seu fabrico; se for dividido pelos anos de vida útil, a emissão anual média é de 86kg, o que representa 4,4% do CO2 produzido pelo sistema de aquecimento, que é de 1972,5kg (considerou-se aquecimento a gás natural). [14]



	Potencial de Aquecimento Global (kg de equivalente a CO ₂ /kWh)	Potencial de acidificação (kg de equivalente a SO ₂ /kWh)	Consumo de energia primária (kg de equivalente a kWh/kWh)
Petróleo	0,313	0,719	1,317
Gás Natural	0,263	0,32	1,319
Electricidade	0,576	3,957	3,77
Madeira	0,014	0,54	1,369

Quadro 3.4: Impacto ambiental de 1kWh de energia para o aquecimento, autor, citando [14]

3-2 – Referências às normas europeias relativas a blocos de alvenaria e respectiva marcação CE e aos Eurocódigos 6 e 8

Portugal é um dos países da U.E. com maior incorporação de cerâmica com função não-estrutural na habitação. O consumo anual de tijolo kg/n.º de habitantes é em Portugal de 393 e de 98 em França.

Em Portugal e Espanha o tijolo é um material tradicional e o mais utilizado, enquanto na França, na Alemanha, e na Itália utilizam mais o tijolo de alvenaria estrutural.

Com um número cada vez maior de peças e acessórios que permitem a construção de alvenarias como um conjunto integrado e de elevado potencial para o conforto na habitação, pode-se inverter esta situação no nosso país e o tijolo ter uma crescente aplicação com função estrutural.

Para efeitos de colocação dos produtos no mercado, e no âmbito da etiqueta de marcação CE e da declaração do fabricante, cabe a este emitir fichas técnicas declarando as características e os valores respectivos que garante para cada produto.

A avaliação da conformidade de produtos de construção com as especificações técnicas necessárias para a marcação CE, utiliza um conjunto de métodos de avaliação da conformidade definido na directiva 93/68/CEE de 22 de Julho de 1993 (Directiva dos Produtos de Construção - DPC) que originou seis sistemas de avaliação.



Sistema	Tarefas do Fabricante	Tarefas do Organismo Notificado	Base para a Marcação CE
1+	<ul style="list-style-type: none">Controlo interno da produçãoEnsaio de amostras segundo programa prescrito	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciaisInspecção inicial do controlo interno da produçãoAcompanhamento permanente do controlo interno da produçãoEnsaio aleatório de amostras	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do produto
1	<ul style="list-style-type: none">Controlo interno da produçãoEnsaio de amostras segundo programa prescrito	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciaisInspecção inicial do controlo interno da produçãoAcompanhamento permanente do controlo interno da produção	
2+	<ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciaisControlo interno da produção(Ensaio de amostras segundo programa prescrito)	<ul style="list-style-type: none">Certificação do controlo interno da produção com base numa inspecção inicial e no acompanhamento permanente desse controlo	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do controlo interno da produção
2	<ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciaisControlo interno da produção(Ensaio de amostras segundo programa prescrito)	<ul style="list-style-type: none">Certificação do controlo interno da produção com base numa inspecção inicial	
3	<ul style="list-style-type: none">Controlo interno da produção	<ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciais	Declaração de conformidade pelo fabricante
4	<ul style="list-style-type: none">Ensaio de tipo iniciaisControlo interno da produção		

Quadro 3.5: Sistema de avaliação de conformidade [31].

Pode verificar-se da análise do quadro acima apresentado que a responsabilidade cabe exclusivamente ao fabricante apenas no caso do sistema 4. Todas as outras obrigam à intervenção de organismos específicos.



De acordo com o guia ISO CEI 67:2004 existem vários níveis de certificação de produto, sendo os mais utilizados a certificação pelo sistema 3 e 5 e pelo sistema 6 enquanto certificado da empresa.

- **Certificado pelo Sistema 3** – certifica o produto.
Significa que o produto foi analisado por uma entidade independente e que se enquadra dentro dos limites estabelecidos pela NP EN 771-1.
A entidade independente faz um acompanhamento anual através de uma colheita de amostras e verificação do controlo de produção.
- **Certificado pelo Sistema 5**
Permite evidenciar que a empresa tem em prática um sistema de controlo de produção, evidenciando através de registos de produção e de ensaios, e é garante de constância das características do produto da origem à emissão de uma licença para o uso de marca de conformidade “Produto Certificado”.

SISTEMA	DESIGNAÇÃO	ENSAIOS	AUDITORIA	ACOMPANHAMENTO
3	Exame de tipo seguido de posterior acompanhamento através de ensaios de amostras colhidas na fábrica	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
5	Exame de tipo e aceitação do sistema da qualidade da fábrica, seguido de acompanhamento que compreende ensaios de amostras colhidas no comércio e/ou na fábrica, bem como auditorias ao sistema da qualidade	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Certificação do sistema da qualidade do fornecedor		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Quadro 3.6: Sistemas de certificação previstos no GUIA ISSO CEI 67 [4].

As Normas NP 80 e NP 834 [22,23] (1971 – Tijolos de barro vermelho) foram retiradas e substituídas pela NP EN 771-1 [21] que define as características aplicáveis aos tijolos cerâmicos, mas a maior parte dos tijolos continua a respeitar as dimensões anteriormente normalizadas.

As Normas Europeias que vigoram hoje em substituição das Normas Portuguesas são:

- NP EN 771-1 - Normas do Produto [21].
- NP EN 772 - Define os métodos de ensaio [24].



- Série EN 846 - Para componentes auxiliares: lintéis, estribos de ligação e armaduras para juntas [28].
- Série EN 998 e EN 105 – Especificações e ensaios de argamassas de reboco e assentamento [29].
- Série EN 1052 – Normas de ensaio para alvenaria [30].
- Série EN 1996:2005 (Eurocódigo 6) e NP EN 1998:2010 (Eurocódigo 8) – Normas de projecto, os chamados Eurocódigos [26,27].

A Norma 771 [21] não apresenta critérios de aceitação mas apenas critérios de tolerância, e cabe ao fabricante especificar as características e as tolerâncias do seu produto.

Quanto à Norma 772 [24], as características a ser definidas devem ter em conta as normas que definem os métodos de ensaio.

- 772-1 – Determinação da resistência à compressão. Neste teste é aplicada uma carga uniformemente distribuída nos tijolos, previamente desgastados com abrasivos, com intensidade crescente até à rotura.
- 772-3 – Determinação do volume líquido e percentagem de vazios dos elementos cerâmicos de alvenaria por pesagem hidrostática. Ao volume total é retirado o volume líquido dos elementos de alvenaria (por pesagem ao ar e em água)
- 772-5 – Determinação do teor em sais solúveis activos dos elementos cerâmicos de alvenaria.

Mói-se uma amostra e extrai-se a água e assim se determina a quantidade de magnésio solúvel e os iões de sódio e de potássio que podem ser nocivos.

A declaração do teor em sais solúveis prevista na NP EN 771-1, pretende assegurar que em condições especiais não ocorre a destruição dos elementos cerâmicos, da argamassa ou dos rebocos.

Existem três categorias S0, S1 e S2, que especificam os teores máximos de sais solúveis em água para diferentes situações.



Por exemplo, para alvenarias completamente protegidas contra a penetração de água por meio de reboco a categoria apropriada é S0, não sendo assim necessário especificar requisitos para os saís pois presume-se que a superfície fique seca.

- 772-7 – Determinação da absorção de água em tijolo de face à vista (em água em ebulição)

As amostras são pesadas no fim da secagem e seguidamente imersas em água em ebulição. Depois de escorridos são pesados, calculando-se de seguida a razão entre o aumento de massa devido à imersão e a massa em seco.

- 772-11 – Determinação da taxa inicial de absorção de água em elementos cerâmicos de alvenaria.

A face do assentamento do tijolo é imersa em água e regista-se o aumento de massa.

- 772-13 – Determinação da massa volúmica absoluta seca e da massa volúmica aparente seca dos elementos de alvenaria.
- 772-16 – Determinação das dimensões após serem eliminadas as rebarbas das faces, de forma a facilitar a medição; é medido o comprimento, largura e altura das amostras bem como a espessura das paredes exteriores e interiores.
- 772-19 – Determinação das variações dimensionais com a humidade dos elementos cerâmicos de alvenaria de furação horizontal de grande dimensão.

Sujeita-se a amostra a água fervente pelo período de 24 horas e mede-se a alteração do comprimento.

A especificação técnica europeia (CEN TS) 772-22 – Determinação de resistência ao gelo/degelo de elementos cerâmicos de alvenaria, ainda não foi publicada sob a forma de Norma.

De acordo com o projecto desta norma, sujeita-se um painel com vários elementos cerâmicos separados entre si por meio de uma junta, a uma imersão em água seguida de arrefecimento, até que a água absorvida se encontre congelada, repetindo-se a operação descongelamento/congelamento. Seguidamente, avalia-se o efeito provocado pelas acções do congelamento/descongelamento.

A Norma NP EN 1052-3 determina a resistência inicial ao corte.



A inexistência de normas e regulamentos para alvenaria que disciplinem o dimensionamento desta para fins estruturais tem sido a razão principal para limitar a sua utilização.

Até há bem pouco tempo, os critérios de dimensionamento aplicáveis eram de natureza empírico-intuitiva e tinham origem na experiência adquirida ao longo do tempo, com base em metodologias de cálculo aproximadas, num formato de segurança desactualizado e fortemente penalizador do ponto de vista económico [11].

Tal obrigava o projectista a fazer generalizações face à multiplicidade de tipologias de alvenaria resistente.

Hoje em dia, por sua vez, com a entrada em vigor das normas que regulamentam os projectos e a execução de edifícios de alvenaria é possível generalizar mais este tipo de alvenaria resistente.

As características técnicas e mecânicas das alvenarias, e dos seus elementos construtivos foram oportunamente regulamentados a nível europeu através do Eurocódigo 6 e 8. O Eurocódigo 6 é em linhas muito gerais um documento composto por quatro partes:

- Parte 1-1 – Contêm as regras gerais para estruturas de alvenaria resistente e não resistente.
- Parte 1-2 – Projecto estrutural contra incêndios.
- Parte 2 – Análise de projecto, selecção de materiais e execução de alvenaria incluindo orientações sobre factores que afectam a durabilidade.
- Parte 3 – método de cálculo simplificado para estruturas de alvenarias não estrutural.

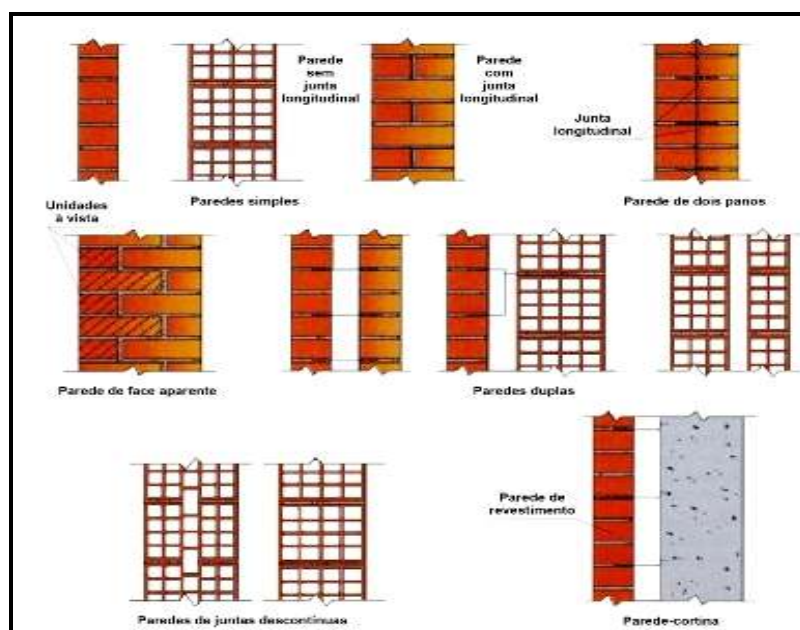


Figura 3.2: Tipos de parede de alvenaria previstos no EC6 [3-26]



Cada parte contém um Anexo Nacional.

A EN 1998-1:2004, denominado correntemente como Eurocódigo 8, trata do projecto para estruturas de resistência aos sismos e substitui ENV1998-1-1:94; 2:94; 3:95.

A aplicação do EC8 em Portugal obedece às disposições do Anexo Nacional (NDP - Parâmetros determinados a nível Nacional).

A sua finalidade é assegurar, em caso de sismo que: "As vidas humanas são protegidas, os danos limitados e as estruturas importantes para a protecção civil se mantêm operacionais".

Aplica-se ao projecto e à construção de edifícios e de outras obras de Engenharia Civil em regiões sísmicas não abrangendo barragens, centrais nucleares, etc.

Esta norma está dividida em seis partes.

1ª Parte (2004) - Regras gerais das acções sísmicas e regras para a construção. Esta primeira parte está dividida em secções:

- Contém os requisitos básicos de desempenho e os critérios de conformidade aplicáveis nos edifícios e outras obras em zonas sísmicas.
- Apresenta as regras para a representação das acções sísmicas e sua combinação com outras acções.
- Regras gerais de projecto aplicáveis especificamente aos edifícios.
- As secções de 5 a 9 contêm regras para diversos materiais e elementos estruturais:
 - 5 - Edifícios em betão
 - 6 - Edifícios em aço
 - 7 - Edifícios mistos de aço-betão
 - 8 - Edifícios de madeira
 - 9 - Edifícios de alvenaria
- A secção 10 refere-se ao isolamento da base da estrutura e isolamento da base dos edifícios.



Os anexos A e B são informativos e contêm elementos adicionais relacionados com o espectro de resposta elástico de deslocamento e com o deslocamento - alvo para a análise estática não linear.

O anexo C contém elementos adicionais para cálculo das armaduras das lajes de vigas mistas aço-betão nos nós viga-coluna de pórticos simples.

2ª Parte (2005) - Refere-se a pontes.

3ª Parte (2005) - Refere-se à avaliação e reabilitação de edifícios.

4ª Parte (2006) - Refere-se a silos, condutas e reservatórios.

5ª Parte (2004) - Refere-se a fundações estruturas de suporte e aspectos geotérmicos.

6ª Parte (2005) - Refere-se a chaminés e torres.

3-3 – Referência ao comportamento térmico-higrométrico, eficiência energética e acústica

Somos um país tradicional, onde os hábitos arraigados e a consideração generalizada da amenidade do nosso clima originaram que até há pouco tempo se menosprezassem, no projecto de edifícios, aspectos respeitantes ao conforto higrométrico dos mesmos.

No decurso das reflexões que, desde a década de 80, se vieram desenvolvendo no âmbito da elaboração do Plano Energético Nacional – e que assentavam no princípio correcto de considerar a “conservação de energia de edifícios”, não no sentido de reduzir consumos presentes, mas de permitir atingir limiares de habitabilidade sem desperdícios, prevenindo assim consumos futuros [18] – levou a que na década seguinte se elaborasse um documento regulamentar, que procura aprofundar a noção de conforto térmico em edifícios e os modos de assegurar a sua satisfação, numa perspectiva de uso racional de energia e de equilíbrio ambiental, “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios”.

3-3-1 – Comportamento térmico-higrométrico e eficiência energética

O comportamento térmico de uma parede é caracterizado pelo seu coeficiente de transmissão térmica, de acordo com o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

Os edifícios devem ser concebidos de modo a que as condições do conforto no seu interior possam ser asseguradas sem dispêndio excessivo de energia.



As alvenarias de tijolo contribuem para o cumprimento deste objectivo, pois conferem um bom grau de isolamento à envolvente vertical dos edifícios mas, também, contribuem para a inércia térmica.

Entende-se por inércia térmica de um edifício (I_t) a maior ou menor capacidade deste de amortecer (ϕ) e desfasar (μ), no tempo, as variações de temperatura interiores comparativamente com as flutuações das temperaturas exteriores [4].

Para que os edifícios apresentem uma forte inércia, aumenta-se a massa dos elementos de construção que estão pelo interior da camada de isolamento térmico.

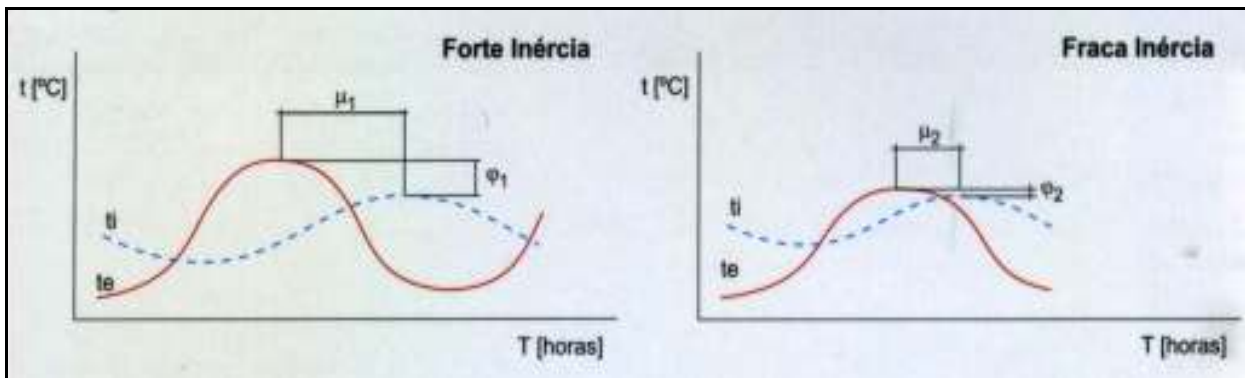


Gráfico 3.2: Evolução das temperaturas exteriores e interiores de um edifício em função da sua inércia térmica [4].

O RCCTE define a inércia térmica em três classes, fraca, média e forte, de acordo com o seguinte esquema:

- **Fraca** – $I_t < 150\text{Kg/m}^2$
- **Média** – $150\text{Kg/m}^2 \leq I_t \leq 400\text{Kg/m}^2$
- **Forte** – $I_t > 400\text{Kg/m}^2$

O conforto termo-higrométrico resulta de sensações humanas, apresentando, assim, um cariz subjectivo, pelo que defini-lo não é tarefa fácil.

Normalmente é aceite que estão reunidas condições de conforto para um indivíduo quando este está num ambiente que não lhe transmite qualquer desagrado ou irritação de forma a distrai-lo da actividade que aí está a exercer.



Em relação às exigências de conforto térmico de um edifício, é de esperar que o ambiente interno nos edifícios seja de molde a que os utentes possam realizar as suas actividades sem a sensação de desconforto causadas por:

- Grande desigualdade entre diferentes partes do corpo;
- Trocas de calor exageradas com o ambiente.

As trocas de calor entre o individuo e o ambiente que o envolve dão-se por:

- Condução (contacto directo com os elementos);
- Convecção e radiação (entre a superfície do corpo e o ar e superfícies envolventes);
- E pela respiração/evaporação da superfície da pele [4].

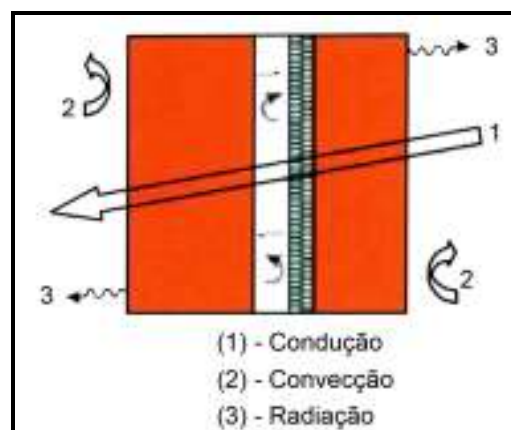


Figura 3.3: Transmissão de calor em paredes [4].

É necessário, aquando da elaboração do projecto, ter em conta o ambiente exterior à construção, o clima, pois é evidente que o modo de controlar o ambiente interior de um edifício é condicionado pelo carácter do ambiente exterior.

Os elementos climáticos que mais directamente afectam o comportamento térmico-higrométrico são:

- **A Temperatura**, em países como o nosso, em que são diferentes as estações frias e quentes, é corrente considerar em separado os dados do Inverno (I) e os dados do Verão (V). O nosso país é dividido em três zonas climáticas de Inverno, I_1 , I_2 e I_3 e três de Verão, V_1 , V_2 e V_3 .



- **A Humidade**, no nosso país com um clima ameno, não é um factor tão relevante como noutros países, contudo há que considerar o problema das condensações.



Figura 3.4: Bolores no interior devido a problemas de condensação, de autor

O ar é uma mistura de gases (seco) e de vapor de água. Quando a quantidade de vapor de água no ar do interior excede a pressão da saturação, geram-se as condensações internas, podendo aparecer gotas de água nas superfícies de alguns elementos e dando origem ao aparecimento de bolores nos interiores das paredes ou tectos, sendo que necessário $\Theta_{si} > t_s$.

Em que:

Θ_{si} – é a temperatura da superfície interior do elemento

t_s – é a temperatura ponto de orvalho, ou seja, a temperatura a que o ar fica saturado a 3°C.

Quanto menor for o Coeficiente de transmissão térmica do elemento μ , ou seja, quanto maior for o seu isolamento, mais fácil é respeitar a inequação acima indicada.

- **A velocidade do ar**, o vento, é um elemento com grande influência na avaliação das possibilidades de ventilação dos edificios e deve-se considerar não só a velocidade



mas também o rumo dos ventos, de forma a potenciar o controlo das humidades e o comportamento térmico dos edifícios.

- **A Radiação solar.** A superfície de um edifício é sujeita a radiação directa e radiação difusa. A radiação directa é a radiação solar que atravessa a atmosfera unidirecionalmente, a radiação difusa é a que se obtém quer pela radiação reflectida pelo contorno das superfícies (e depende da rugosidade e do tipo de materiais que as compõem), quer também pela radiação de múltiplas reflexões nas partículas em suspensão na atmosfera.

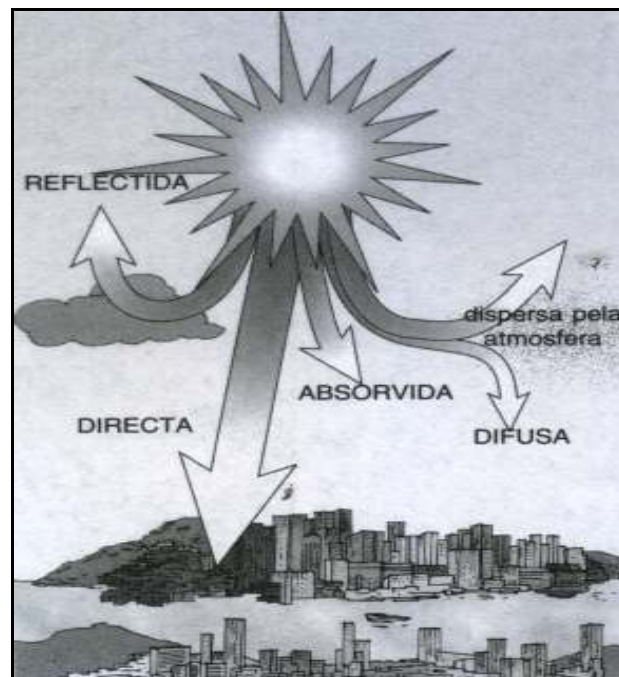


Figura 3.5: Radiação solar que atinge a superfície terrestre [18].

Com as soluções construtivas adequadas, o nosso clima permite assegurar boas condições de conforto com recurso muito moderado de equipamentos.

A procura destas soluções pressupõe a necessidade de um conhecimento eficaz do comportamento dos edifícios sob este ponto de vista, ou seja, há necessidade da caracterização do comportamento térmico dos edifícios [18], sendo importante a identificação do balanço térmico entre o ambiente interior e exterior do edifício.

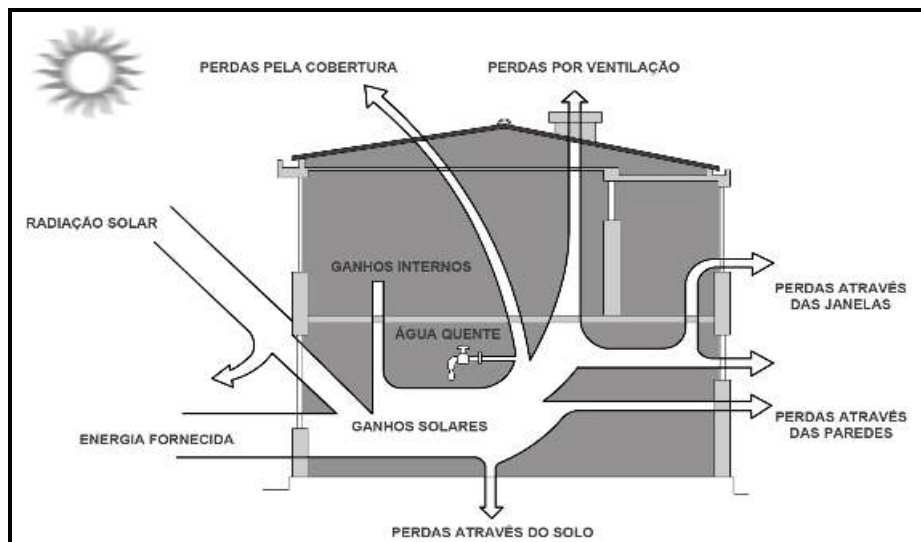


Figura 3.6: Balanço térmico em edifício [18].

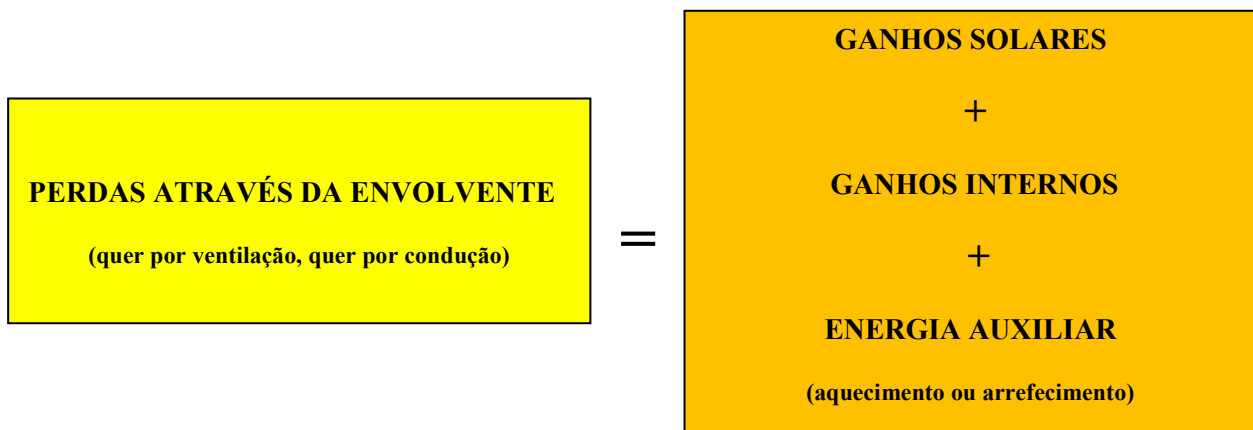


Figura 3.7: Esquema de autor, citando[18].

Tem de se ter em conta, como atrás foi dito, as condições de Inverno e de Verão de forma a que haja bom ambiente termo-higrotérmico.

Condições de Inverno:

- Determinação do fluxo de calor que é necessário fornecer ao edifício para que a sua temperatura se mantenha constante em edifícios de habitação permanente.
- Determinação do fluxo de calor em edifícios com a ocupação parcial.



Condições de Verão:

- Determinação do fluxo de calor que importa retirar para que a temperatura do ar não ultrapasse um limite admissível.
- Determinação da temperatura interior na ausência de meios de climatização artificial.

A transmissão de calor através de um elemento da construção pode ser calculado por:

$$\Phi = U \cdot S (\Theta_i - \Theta_e) \quad [18]$$

Φ – Fluxo de calor entre o interior e o exterior (W)

U – Coeficiente de transmissão térmica médio de paredes ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

S – Superfície do elemento envolvente

Θ_i – Temperatura do ar interior

Θ_e – Temperatura do ar exterior

Quanto maior for o valor de U maior será a perda de calor através do elemento.

A troca de calor entre o ambiente interior e a superfície do elemento de construção dá-se por radiação e convecção.

É necessário assim determinar também:

- O cálculo das necessidades nominais específicas de aquecimento devidas à envolvente opaca exterior.
- O cálculo das necessidades nominais específicas de aquecimento devidas à envolvente interior.
- O cálculo das necessidades nominais específicas do aquecimento devidas aos envidraçados.
- O cálculo das necessidades nominais específicas de aquecimento devidas à renovação do ar.
- O cálculo dos ganhos solares úteis.
- O cálculo das necessidades Nominais específicas de aquecimento do edifício.



Cálculo das Necessidades Nominais de Aquecimento do Edifício		
	Necessidades Nominais Específicas de Aquecimento (W/°C)	
Envolvente Opaca Exterior (da FCIV.1a)	139,81	
Envolvente Interior (da FCIV.1b)	35,48	
Envidraçados (da FCIV.1c)	38,30	
Renovação de ar (da FCIV.1d)	66,74	
Total	280,33	280,33
		x
Grau-Dias de Aquecimento na Base 15°C para a Zona Climática Respetiva (Quadro III 2 do Anexo III)		800
		x
		0,024
		=
Necessidades Brutas de Aquecimento (Para o Cálculo do Factor de Utilização dos Ganhos Solares = FCIV.1e)		5362,34 (kWh/ano)
		-
Ganhos Solares Úteis (da FCIV.1e)		1279,66 (kWh/ano)
		=
N_p = Necessidades Nominais de Energia útil por estação de Aquecimento		4102,48 (kWh/ano)
		=
$N_c = \frac{N_p}{A_p} = \frac{4102,48}{75,50} = 54,33$		54,33 (kWh/m ² ano)

Figura 3.8: Folha de cálculo FCIV.1 [18].

No caso de alvenarias de tijolos furados consideramos:

- **Tijolo furado de 15**

Os valores do coeficiente de transmissão térmica U são da ordem dos $1,6\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$, o que os recomenda apenas para elementos de envolvente interior.

- **Tijolo furado duplex**

As paredes de espessura superior a $0,25\text{m}$ satisfazem as exigências requeridas para a zona I_1 (ver mapa), e com espessura superior a $0,30\text{m}$ pode mesmo dar satisfação às exigências para a zona I_2 [18].

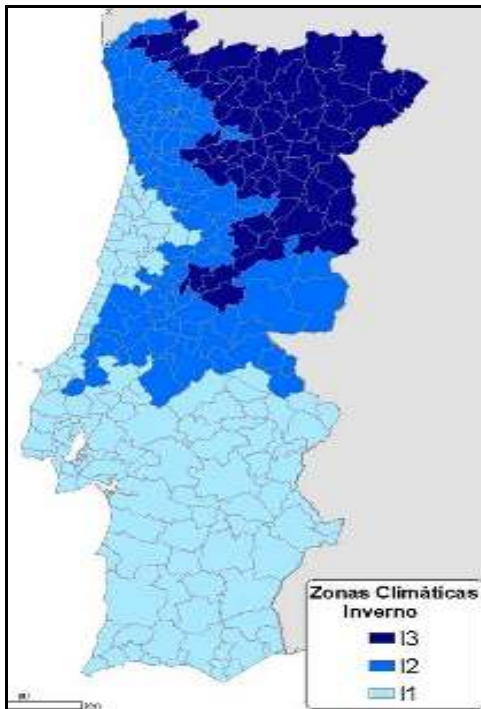


Figura 3.9: Zonas climáticas de Inverno [32].

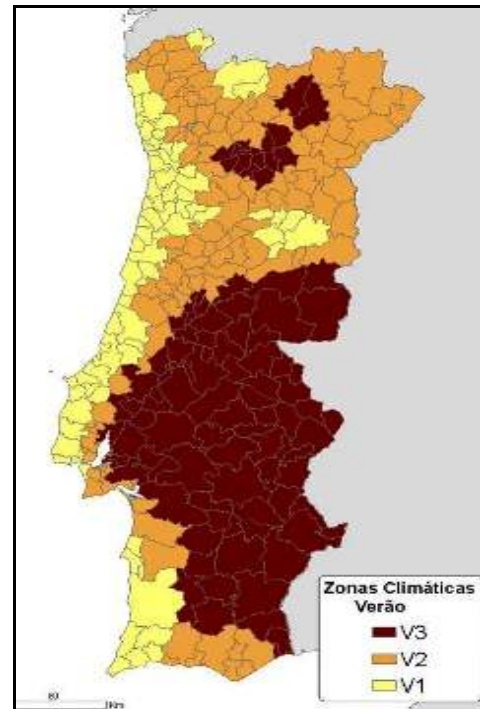


Figura 3.10: Zonas climáticas de Verão[32]

No caso do tijolo perfurado aditivado a parede de espessura 0,20m já satisfaz os requisitos mínimos da zona climática I_1 .

No caso de paredes duplas só vamos referir as de alvenaria de tijolo furado, por serem as mais usuais.

- Paredes sem isolamento térmico com dois panos simples de 11cm de espessura e que satisfazem as exigências da Zona I_1 ; para satisfazer a Zona I_1 e I_2 é necessário um pano de 11cm e de 15cm.

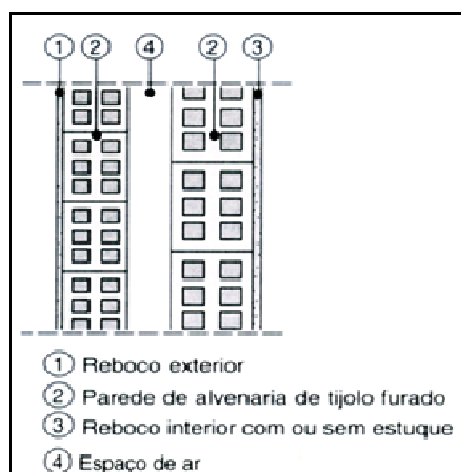


Figura 3.11: Exemplo [18]



- Paredes com material térmico na caixa (parcial ou completo):



Figura 3.12: Exemplo 1 [18]

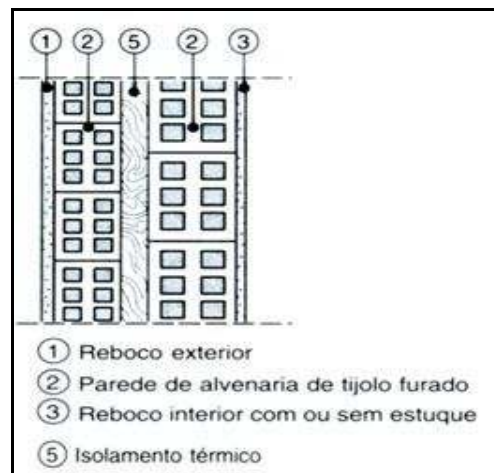


Figura 3.13: Exemplo 2 [18]

Satisfazem as exigências preconizadas para qualquer das três zonas, desde que a espessura do isolamento seja superior a 2cm, contudo recomenda-se que seja usado 3cm para a zona 1 e de 5cm para a zona 2 e 3, pois o custo marginal é largamente compensado pela poupança energética e pela melhoria das condições de conforto [18].

Contudo, convém ter em conta que, do ponto de vista do combate às humidades de condensação no seio da parede, e também para facilitar a eliminação das águas infiltradas, é sempre preferível deixar um espaço livre (corte hídrico) de preferência entre o pano exterior e o isolamento de forma a que o ar circule.

No caso do preenchimento total, devem ser criados mecanismos que façam descer a pressão parcial do vapor de água para minimizar as ocorrências de condensação no interior da parede, de forma a não aumentar as condutibilidades térmicas dos materiais para valores mais elevados, o que originaria perdas térmicas.

Entende-se por condutibilidade térmica, a propriedade térmica típica de um material que é igual à quantidade de calor, por unidade de tempo, que atravessa uma camada de espessura e área unitárias desse material, por unidade de diferença de temperatura entre as suas duas faces.

Quando há a existência localizada de materiais de diferentes condutibilidades térmicas (ou por modificação na geometria de envolvente) e segundo a norma EN ISO 10211, existe uma ponte térmica, ou seja surge uma zona onde a resistência térmica é significativamente alterada.

As pontes térmicas podem ser divididas em:

- **Planas**

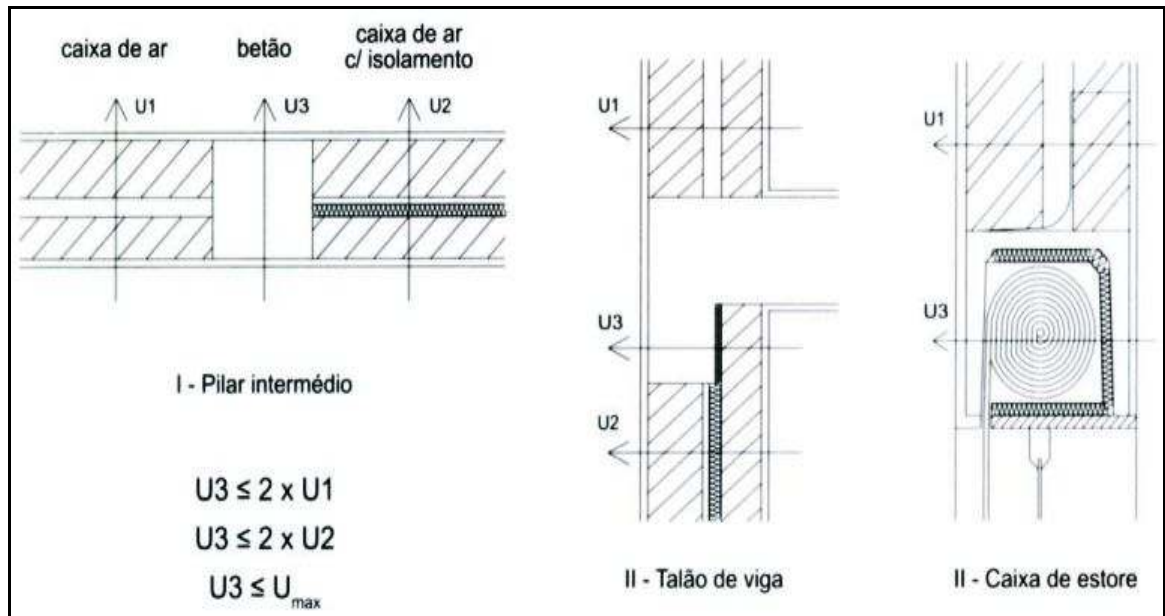


Figura 3.14: Exemplos de pontes térmicas planas [4].

- **Lineares** - que são quantificadas pelo Coeficiente de Transmissão Térmica Linear (ψ) que representa a quantidade de calor transmitido por metro de desenvolvimento da ligação entre elementos construtivos.

Estes valores (ψ) são apresentados no **RCCTE** [33], na sua tabela IV.3 e referem-se por exemplo a:

- Ligação da fachada com a varanda
- Ligação da fachada com a caixa de estore
- Ligação da fachada com pavimentos.

Quando não são consignados na tabela do **RCCTE** utiliza-se um valor convencional de:

$$(\psi)=0,5 \text{ W}/(\text{m}.\text{°C})$$



3-3-2 – Comportamento acústico

Conceitos relativos aos sons:

- **Pressão Sonora** – são as pequenas variações de pressão, e se sobrepõem à pressão atmosférica [25].
- **Frequência** – é a taxa de ocorrência de flutuação completa de pressão sonora sendo dada em ciclos/segundo. Quando os sinais de frequência são menores que 20 Hz chama-se infra-sons e quando são superiores a 20.000 Hz são ultra-sons sendo ambos inaudíveis [25].

O **Decreto-Lei n.º 9/2007** de 17 de Janeiro define de uma forma global a política de prevenção e combate ao ruído tendo em vista a salvaguarda da saúde e bem-estar das pessoas e aprova o Regulamento Geral do Ruído (**R.G.R.**).

Em 9 de Junho de 2008 surge a nova redacção do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (**R.R.A.E. – Decreto-Lei n.º96/2008**) que é um documento onde se estabelecem os requisitos acústicos dos edifícios com vista à melhoria das condições de qualidade acústica no seu interior.

São basicamente três os tipos de exigências:

- As limitações dos níveis de ruído,
- Correção acústica.
- Isolamento sonoro.

Com a evolução tecnológica o aumento do número de fontes ruidosas, quer no interior quer no exterior, tem contribuído para uma acentuada degradação na qualidade de vida das pessoas, não só pelo desconforto acústico, mas também ao nível da saúde: stress, perturbações do sono e do foro auditivo, uma vez que o ruído resulta da libertação de energia que se propaga sob a forma de ondas mecânicas que produzem sensações ao nível do ouvido.

A transmissão de energia sonora que ocorre entre dois ambientes dá-se através do ar, pelas aberturas das estruturas que separa os dois ambientes, através das vibrações da estrutura, e por transmissão marginal, através das superfícies limítrofes das estruturas.

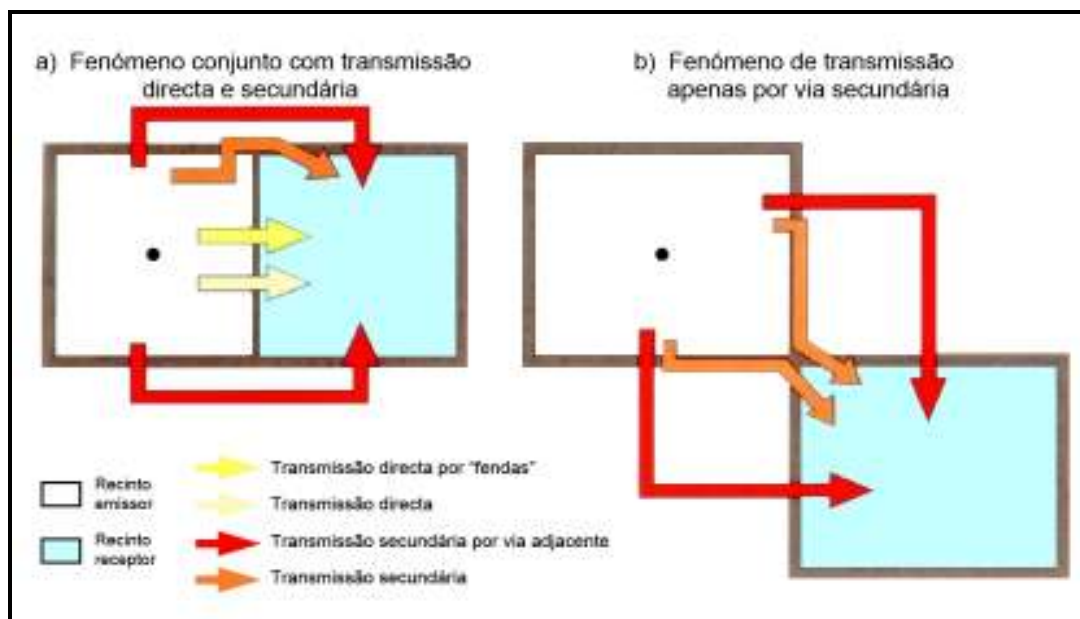


Figura 3.15: Vias de transmissão sonora entre dois recintos [4].

O som propaga-se até encontrar um obstáculo que pode ser uma parede ou outro material, produzindo um choque de moléculas, fazendo com que parte da sua energia volte em forma de onda de pressão reflectida e o restante produz uma vibração de moléculas no obstáculo [25].

Minimizar estes efeitos negativos no que se refere à acústica dos edifícios leva a restringir o campo de propagação. Como estamos a referir-nos a paredes de tijolo importa destacar a forma de tratamento acústico no que concerne ao isolamento de sons aéreos.

As paredes de tijolo não conferem uma boa absorção sonora, justificando-se, nos locais com uma envolvente mais ruidosa, a utilização de revestimentos suplementares que sejam mais absorventes.

Já existem, contudo, no mercado vários tipos de produtos cerâmicos para acabamento final das paredes e que proporcionam elevada absorção sonora.

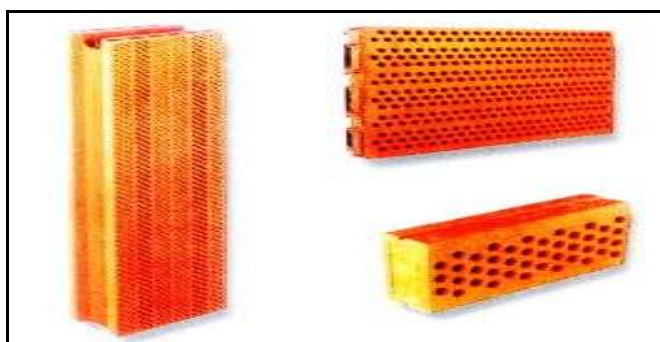


Figura 3.16: Exemplos de elementos cerâmicos de elevada absorção acústica [4]



A energia sonora transmite-se por vibração do elemento, sendo a massa e a frequência do som, variáveis relevantes, mas outras há a considerar como o ângulo de incidência das ondas, a existência de pontos fracos no isolamento, a rigidez e o amortecimento dos elementos [4].

No caso de paredes de alvenaria de tijolo furado, as quebras de isolamento podem ser bastante significativas, podendo o reboco das paredes proporcionar uma correção dos pontos fracos de isolamento.

As soluções mais correntes, onde apenas se consideraram as transmissões através da parede, não tendo em conta as transmissões marginais, são as apresentadas na seguinte figura:

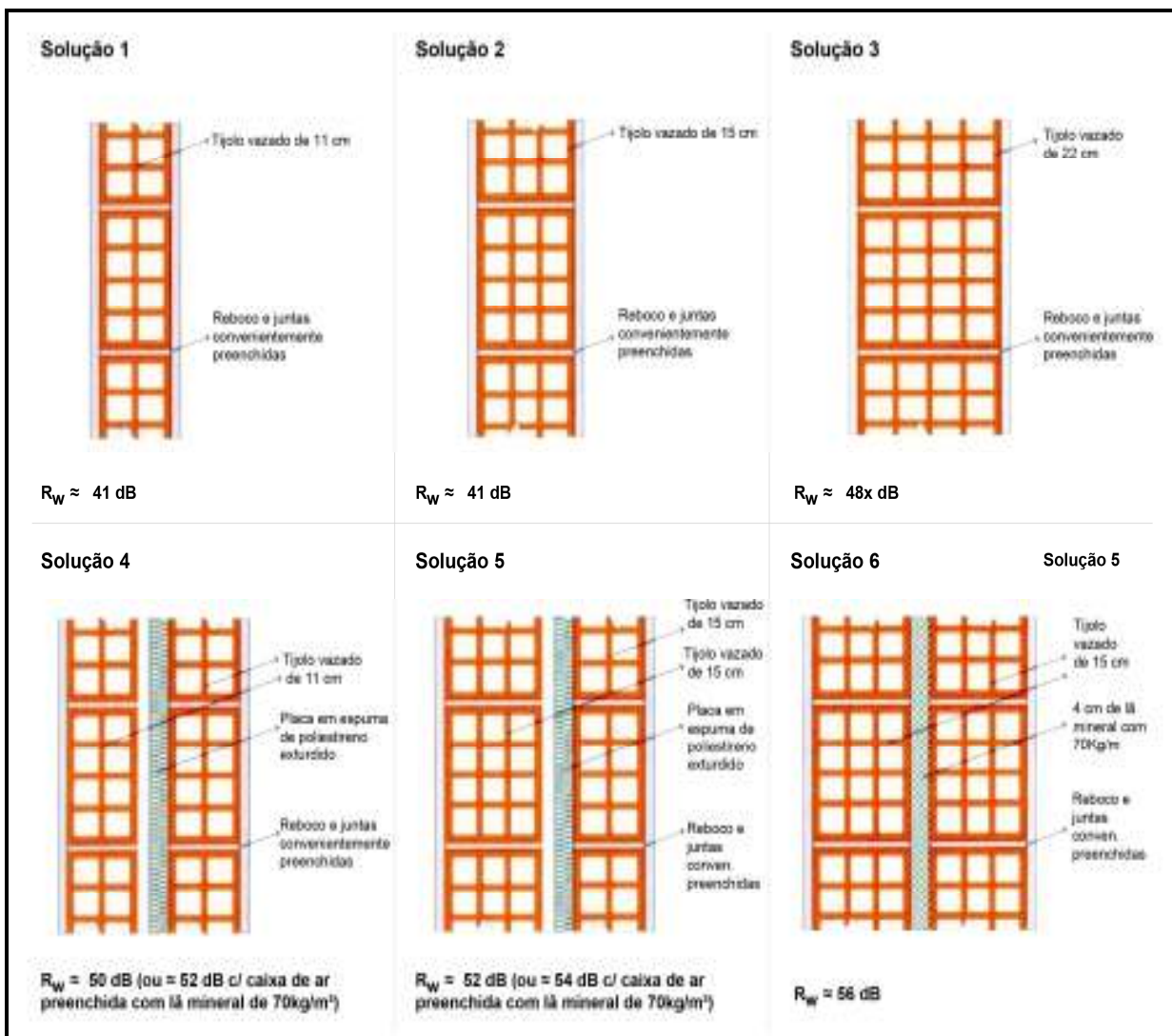


Figura 3.17: Exemplos de paredes de alvenaria com diferentes índices de redução sonora (R_w) [4].

No entanto existem outras soluções, nomeadamente:

- a) Quando se usa tijolo de furação vertical (pois em alguns casos se a massa volúmica for mais elevada, para a mesma espessura de parede, os índices de isolamento podem ser superiores).

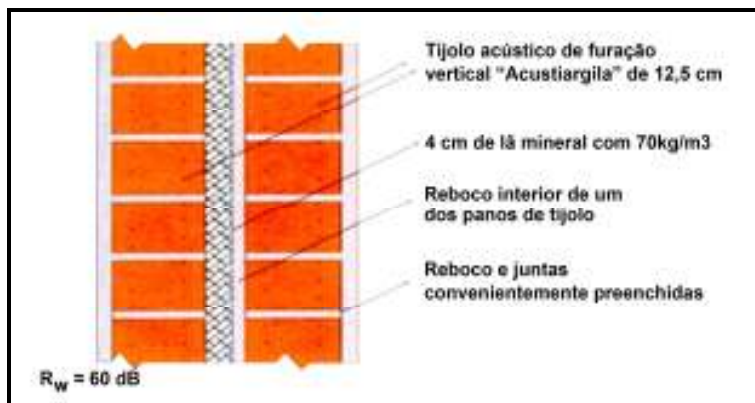


Figura 3.18: Exemplo de parede com índice de redução sonora $R_w=60\text{dB}$ [4].

- b) Outra solução é a de paredes de alvenaria de tijolo reforçada com painéis de gesso cartonado (sobretudo em paredes já existentes e onde se nota que não há isolamento acústico suficiente, dependendo o isolamento final do que já existe).

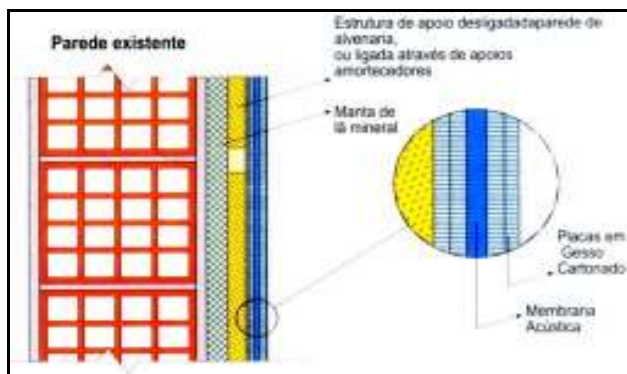


Figura 3.19: Exemplo de parede com índice de redução sonora $R_w \geq 55\text{dB}$ [4].

Nos últimos tempos os produtos cerâmicos têm vindo a apresentar melhores comportamentos a nível acústico como é o caso dos tijolos com separação flexível cujo funcionamento se assemelha a uma parede dupla com caixa-de-ar totalmente preenchida.

Se existir uma ligação flexível das paredes aos elementos adjacentes, também se pode melhorar o comportamento acústico executando a parede sobre uma membrana amortecedora (aglomerado de borracha).



No caso de paredes duplas, um caso a considerar com alguma relevância é a existência de ligações rígidas entre os panos de parede pois é facilitadora de transferência de energia sonora.

3-4 – Modelos de micro-modelação e macro-modelação para paredes resistentes em alvenaria em desenvolvimento nas universidades do nosso país

Estudos técnico-económicos efectuados em Portugal nos últimos anos indicam que é de considerar cada vez mais a utilização de paredes resistentes em alvenaria para edifícios de pequeno e de médio porte.

A experiência parece demonstrar que foi e é necessário mais investimento industrial no sentido de proporcionar soluções de tijolos adequados a este fim.

Alguns modelos numéricos estão já a ser desenvolvidos em algumas universidades, como é o caso da Micro-modelação e da Macro-modelação que são análises que pretendem contribuir para melhorar o conhecimento das estruturas de alvenaria através do desenvolvimento de métodos numéricos sofisticados, capazes de prever o comportamento de uma estrutura desde o estado elástico, passando pela fendilhação e degradação, até à perda completa de resistência.

A Micro-modelação analisa as juntas de argamassa e os blocos (de tijolo) em separado.

Os blocos são representados por elementos contínuos e as juntas por elementos descontínuos.

Micro-modelação

Os micro modelos são aplicáveis em detalhes ou elementos estruturais de pouca dimensão, em que a interacção entre os blocos e as juntas condicionam fortemente a resposta.

Exemplo:

Uma parede sujeita a corte, com 18 fiadas de tijolo encastradas e duas vigas metálicas.

Aplicou-se uma compressão vertical uniformemente distribuída de 0,30 MPa, seguidamente a força horizontal F foi aumentada sob controlo do deslocamento “ d ” mantendo as vigas de apoio superior e inferior horizontais. [11]

Observaram-se de início fendas horizontais de tracção junto aos apoios metálicos, mas na rotura é visível uma fenda diagonal em zig-zag em simultâneo com o esmagamento das zonas comprimidas.

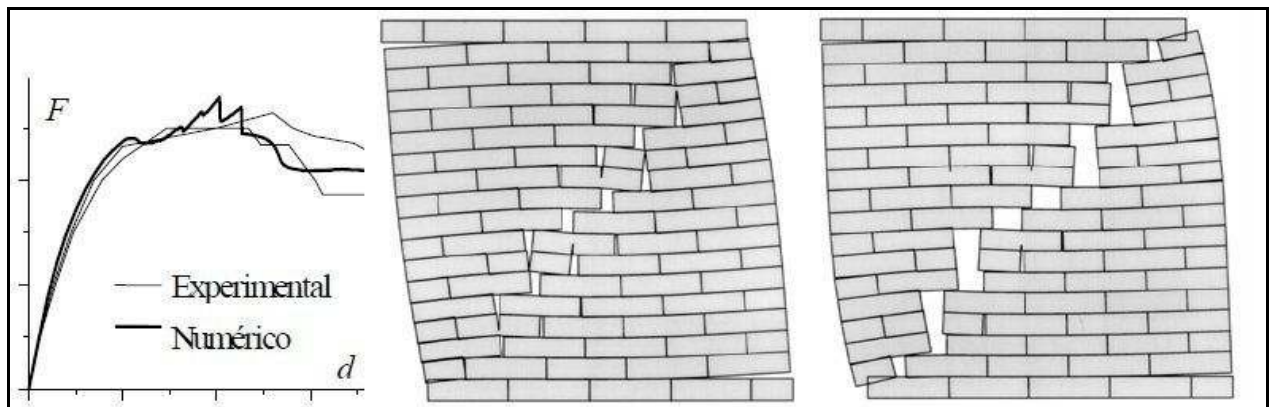


Figura 3.20: Simulação de uma parede sujeita a esforços de corte: diagrama força-deslocamento e resultados da simulação numérica [11].

Macro-modelação

É a análise que não faz distinção entre os blocos (tijolos) individuais e admite que a alvenaria é um material anisotrópico contínuo.

Exemplo:

Simulação de um painel submetido a uma acção normal ao plano do painel (vento, sismo, etc.).

Este painel está encastrado na base, mas está livre no topo, e com uma abertura que simula a existência de uma janela.

A forma de rotura obtida inclui fendas diagonais, na parte inferior, e uma fenda transversal no meio do painel na parte superior.

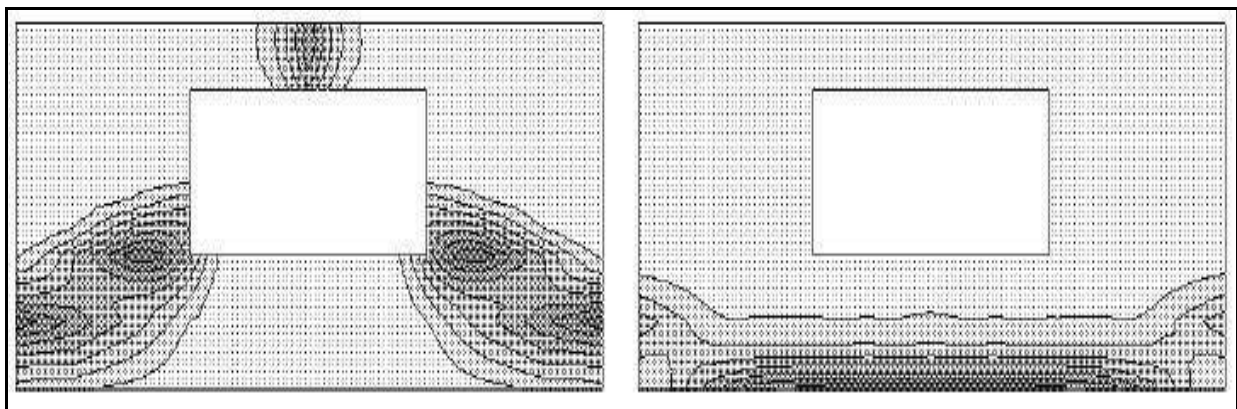


Figura 3.21: Resultado de simulação de painel submetido a uma carga uniforme para fora do plano: fendilhação prevista pelo modelo na parte inferior e na parte superior [11].



Estes estudos são muito interessantes considerando, por exemplo, que os fenómenos sísmicos que regularmente ocorrem em Portugal são um aspecto crítico para a utilização da alvenaria de tijolo.

Os efeitos dos sismos sobre as estruturas dependem de imensos factores.

A experiência tem demonstrado que a alvenaria não armada tem uma fraca performance quando sujeita a fortes acções sísmicas.

3-5 – Durabilidade – Vida útil das paredes

Os edifícios devem ser concebidos de modo que, quer a sua segurança quer as características funcionais dos materiais, elementos e equipamentos de construção neles aplicados não sejam afectados durante um período de tempo, em princípio não inferior a 50 anos de vida útil, partindo do princípio que são submetidos a cuidados normais de conservação.

Ou seja têm de satisfazer as acções agressivas que podem ocorrer em situações de uso normal.

Uma parede serve para estabelecer uma barreira entre dois ambientes, ou interior versus exterior ou de separação entre zonas interiores, pelo que devem ser estáveis e a sua durabilidade deve ser assegurada [19].

As paredes sem função estrutural privilegiada têm sido normalmente esquecidas na fase de projecto no que se refere ao grau de pormenor e de rigor do planeamento das tarefas a realizar e das técnicas de execução, sendo referidos superficialmente apenas os materiais e a geometria [4].

Mas, para assegurar uma boa durabilidade do edifício é necessário uma melhor caracterização das paredes e ter em conta também as variantes das características físicas, químicas e geométricas de cada material, e ainda:

- O tipo de argamassa de assentamento.
- Geometria e espaçamento das juntas, posição de assentamento dos tijolos.
- O número de panos da parede e as suas ligações, não só entre si mas também à estrutura de apoio.
- Tipo de revestimento.
- Existência de elementos complementares de isolamento térmico, estanquicidade.
- Posição da parede em relação ao solo.



- Função a que se destina (resistente, travamento, contraventamento, sujeitas a acção de corte, divisórias sujeitas a cargas laterais)
- Tipo de acções a que a parede vai ser sujeita quer a nível climático, (ex: variações termo-higrométricas), quer mecânico, assim como a sua textura e verticalidade.
- Condições técnicas de execução.

A qualidade de uma parede depende assim, das funções a que se destina e também de um leque de exigências e condicionantes:

- **Exigências Regulamentares** (Comportamento térmico, acústico, segurança ao fogo)
- **Exigências Funcionais [4] :**
 - **Estabilidade** – Resistência aos choques de corpos sólidos, à acção de cargas permanentes, sobrecargas.
 - **Segurança ao fogo** – impedimento da propagação de um local para outro e utilização de materiais que evitem o desenvolvimento do incêndio.
 - **Segurança na utilização** – segurança à intrusão e evitando lesões por contacto com as paredes.
 - **Estanquicidade** – quer em relação a infiltrações de água da chuva quer no que concerne à acção do vento.
 - **Conforto higrotérmico** – isolamento térmico, secura das paredes interiores, inexistência de condensações térmicas.
 - **Conforto acústico** – isolamento em relação a sons.
 - **Conforto visual** – táctil, e adaptação dos revestimentos à utilização dada ao edifício.
 - **Durabilidade** – traduz-se pelas resistências aos agentes climáticos, aos movimentos da fachada, à erosão pelas partículas em suspensão no ar, aos agentes químicos do ar, à corrosão electroquímica e aos agentes biológicos e caracteriza-se pelo número de anos durante o qual a parede conserva um desempenho satisfatório considerando que o plano de manutenção inicialmente previsto foi correctamente executado.

4. PATOLOGIA EM PAREDES DE ALVENARIA

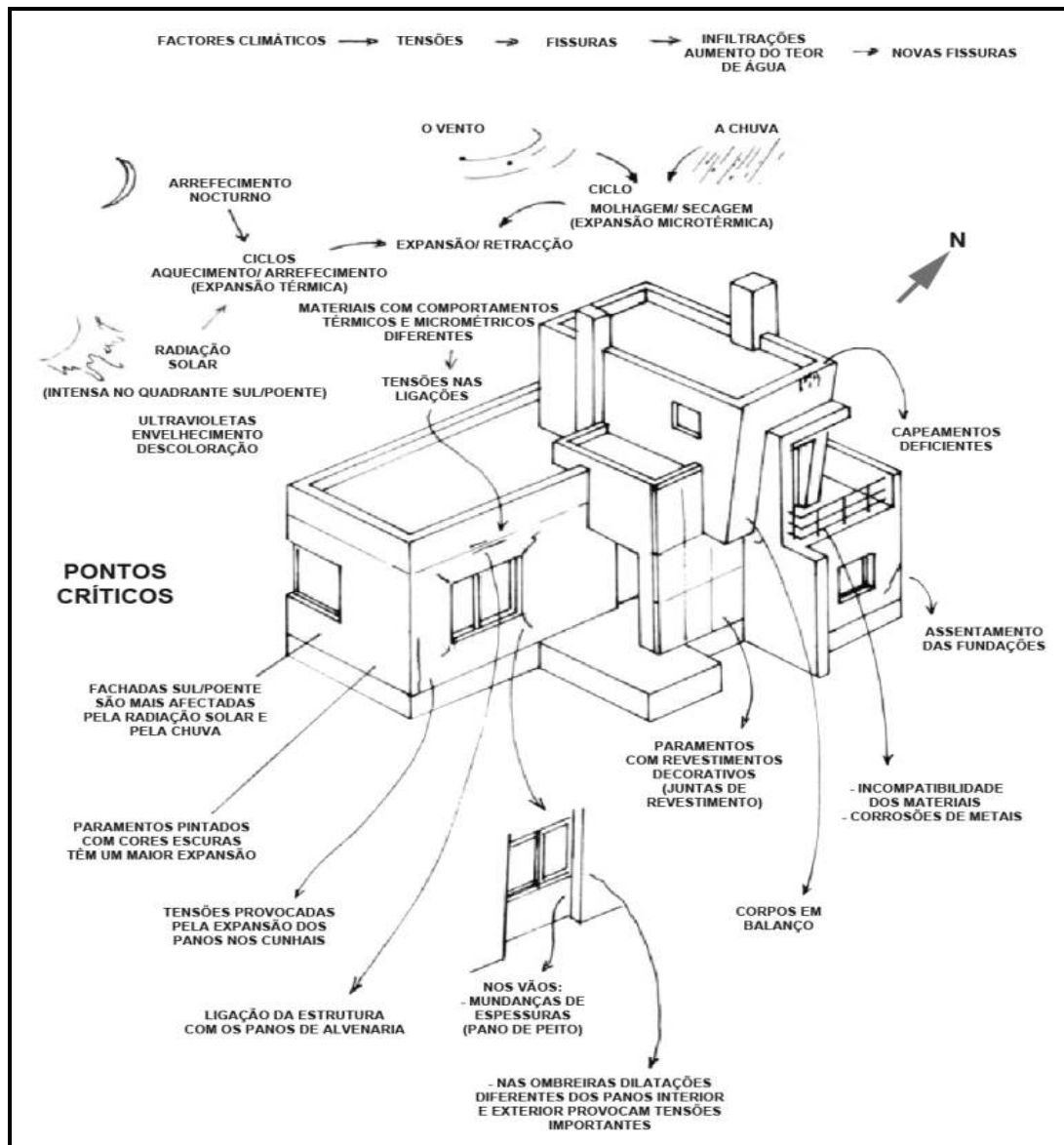


Figura 4.1: Factores que contribuem para a degradação das fachadas, autor, adaptado de [19].

As paredes de alvenaria de edifícios, em particular as que não apresentam funções estruturais, são como já atrás se referiu, muitas vezes negligenciadas na fase de projecto e na fase de execução, acontecendo também por vezes uma deficiente compreensão do próprio projecto no que se refere a pormenores construtivos e às características dos materiais. Tal, origina mais tarde o aparecimento de diversos fenómenos patológicos.

A economia e a rapidez pretendida na elaboração dos projectos, o aparecimento de novos materiais, as soluções arquitectónicas arrojadas, a incorrecta utilização de programas de cálculo automático, a errada avaliação da resistência do solo de fundação, são alguns dos factores que originam, também, a patologia nos edifícios [15].

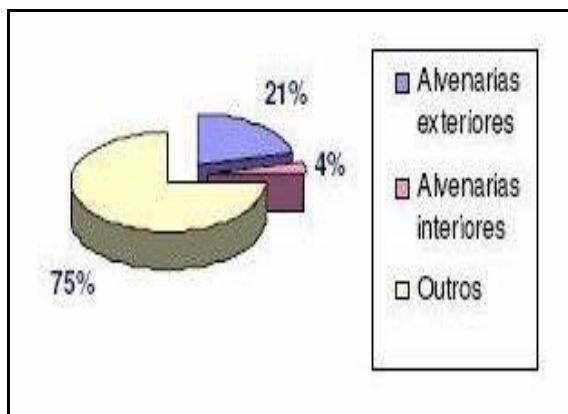


Gráfico 4.1: Anomalias em edifícios [10].

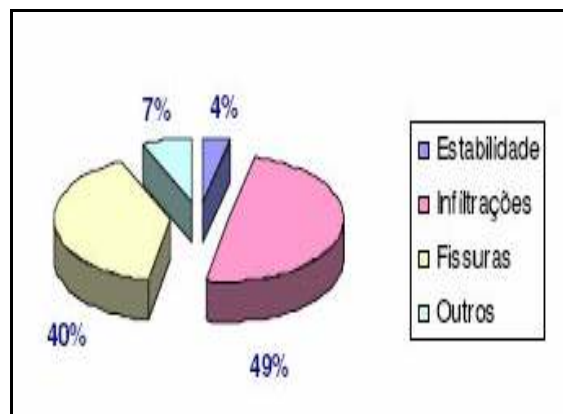


Gráfico 4.2: Anomalias em paredes exteriores [10]

Os elementos constituintes da alvenaria foram sendo desenvolvidos tendo como meta a criação de um material de construção ideal: o mais barato, o mais resistente, o mais leve, o mais durável.

Mas, por outro lado, esta procura levou a que surgissem com mais frequência problemas e falhas. A intensificação destes problemas e a preocupação com a quantidade e com as novas exigências regulamentares levou a que estas situações fossem mais cuidadosamente analisadas, nascendo assim uma nova “ciência” designada por “Patologia das Construções”, que procura estudar os defeitos dos materiais, dos componentes, dos elementos como um todo, diagnosticando as suas causas, formas de manifestação, medidas de prevenção e reabilitação.

Esta nova “ciência” foi buscar diversos termos como: diagnóstico, prognóstico, terapia, agente, à Medicina utilizando-os com o significado que a seguir lhe apresentamos.

O **diagnóstico** visa determinar as causas e gravidade do problema patológico com base na observação dos sintomas (manchas, fissuras, bolores,...).

O **Prognóstico** é no fundo a avaliação/conjectura que, baseada no diagnóstico, nos dá dados acerca da evolução, duração e término do problema.

Quanto à **Terapia** mais não é que o processo adequado de conservação/reabilitação do edifício destinado a “sara” o problema.

Agentes são as causas imediatas que provocaram o problema.

Estes casos patológicos das construções eram e ainda são tratados com alguma reserva uma vez que normalmente, como atrás se referiu, vêm-se associados a falhas/omissões do projecto, erros de concepção... sendo por isso um assunto melindroso para confrontar.

Neste trabalho apenas abordaremos algumas dessas patologias: Humidade, Fendilhação e, conseqüentemente, Envelhecimento e Degradação do edifício, fazendo apenas referência a outras.



4-1– Humidade

A grande maioria das anomalias que se detectam é decorrente da presença de água, pelo que um dos objectivos principais do projecto e execução de alvenaria deve passar pelo controlo da entrada de água.

As paredes de alvenaria estão sujeitas a diferentes agentes externos como a chuva e o vento, sobretudo mais intensos nos bordos laterais e cantos superiores e nas fachadas exteriores, pelo que factores como o clima, a localização e até a orientação do edifício são factores que não devem ser desvalorizados, assim como, evidentemente, uma correcta impermeabilização, drenagem e escolha de materiais.

Mais uma vez, tal como em Medicina, os problemas frequentemente se inter-relacionam: através das fissuras ocorre penetração de água que provoca além de humidade, eflorescências, bolores.... que redundam em movimentos microscópicos dos materiais que por sua vez irão provocar a formação de novas fissuras ou até a um aumento da espessura e comprimento das já existentes.

Mas a ocorrência de infiltrações de água implica também o aparecimento de anomalias: degradação de materiais, criptoflorescência, eflorescências, agentes biológicos (proliferação de microrganismos), condensação superficiais, que pode comprometer apenas a qualidade estética, mas que na maioria das vezes acaba por provocar também a degradação dos materiais e levar ao aparecimento de fissuras e de novas humidades, ou seja estamos perante uma situação onde a causa pode ser efeito e vice-versa.

Os aspectos mais importantes que estão na origem das patologias estão relacionados com:

- **Projecto** – que se pode considerar como uma fronteira mal definida entre a Arquitectura e a Estabilidade [10].
- **Cariz económico** – só se contabiliza o custo de construção não tendo em conta custos de qualidade, execução e manutenção [10].
- **Qualidade da mão-de-obra** – hoje a mão-de-obra não tem um longo período de aprendizagem [10].
- **Práticas construtivas:**
 - A execução das paredes duplas é frequentemente feita com pouco cuidado no que se refere a: limpeza de caixas-de-ar, orifícios de drenagem e ventilação, posicionamento e fixação dos isolamentos térmicos [10].



- Soluções inadequadas para minimizar os efeitos das pontes térmicas trazem por vezes mais problemas do que aqueles que se pretendia minimizar [10].
- Menospreza-se frequentemente a influência dos panos da parede em termos estruturais [10].

As fachadas exteriores são as mais fustigadas pelas intempéries e as caixas-de-ar das paredes duplas têm como função principal proteger o interior do edifício contra a acção da água da chuva. Estas devem contudo ter capacidade de drenar as águas infiltradas e as provocadas por condensação que resulta do vapor de água que passa do interior para o exterior da parede, e só assim cumprem a sua acção contra a humidade.

As caixas-de-ar têm de ser bem executadas e ter em conta a drenagem e ventilação das mesmas. A água que aflui à caixa-de-ar de forma permanente deve ser eliminada de forma controlada; mesmo pequenas quantidades de água que lá circulem não devem ser desprezadas.



Figura 4.2: Caixa-de-ar [1]

Quanto à ventilação das caixas-de-ar, esta não afecta negativamente o contributo das paredes duplas para a resistência da fachada em relação a infiltrações de água, desde que limitada aos tubos de drenagem.



Há ainda a considerar a água da precipitação atmosférica que ao introduzir-se no solo ascende por capilaridade e arrasta consigo compostos químicos (dióxido de carbono e de enxofre, óxido de azoto, ...) que, ao penetrarem na parede, vão originar reacções químicas que irão provocar patologias nas paredes.

Quanto à humidade por condensação que surge no interior dos edifícios, esta resulta da conjugação de três factores: temperatura exterior, temperatura interior e a humidade relativa do ar interior.

A **temperatura exterior** não é um factor que se controle, mas a elaboração do projecto deveria contemplar o clima onde o edifício vai ser edificado.

Mas no que se refere à temperatura interior e à humidade, encontramos-nos perante dois factores onde é possível actuar. No campo da temperatura interior através do isolamento térmico, e, no caso da humidade, preconizando uma boa ventilação dos espaços, de forma a retirar a humidade do ar.

Quando o projecto apresenta falhas no que concerne à ventilação, o aparecimento de humidades de condensação é inevitável, pelo que há que garantir a qualidade do ar interior, através de aberturas controláveis/permanentes de admissão de ar nas fachadas [16], de forma a permitir as taxas de renovação médias do ar interior que são preconizadas no **RSECE** (artigo 29) [17].

Por fim, uma chamada de atenção aos problemas nas alvenarias causados por humidade, os quais podem ser originados por falhas localizadas em outros componentes, assim como devidos a diferentes formas de infiltrações de água nas paredes, quer pela cobertura ou fundações, quer relacionadas com anomalias em algumas instalações, etc.

Quanto a acções de prevenção/manutenção/conservação elas são fundamentais e quando não são eficazmente realizadas, não permitem a detecção atempada das pequenas anomalias e, não se impedindo a evolução destas, elas vão originar a degradação do edifício.

4-2- Fendilhação

Uma fissura provocada num elemento construtivo é uma descontinuidade física que surge por um processo de rotura resultante de um estado de tensão. Ou seja quando um mecanismo transforma a acção actuante num estado de tensão que excede a capacidade resistente do elemento construtivo, o elemento físsura [5].

As acções que podem originar a fendilhação são basicamente três:

- Cargas aplicadas.
- Deslocamentos.
- Alterações de volume dos materiais.

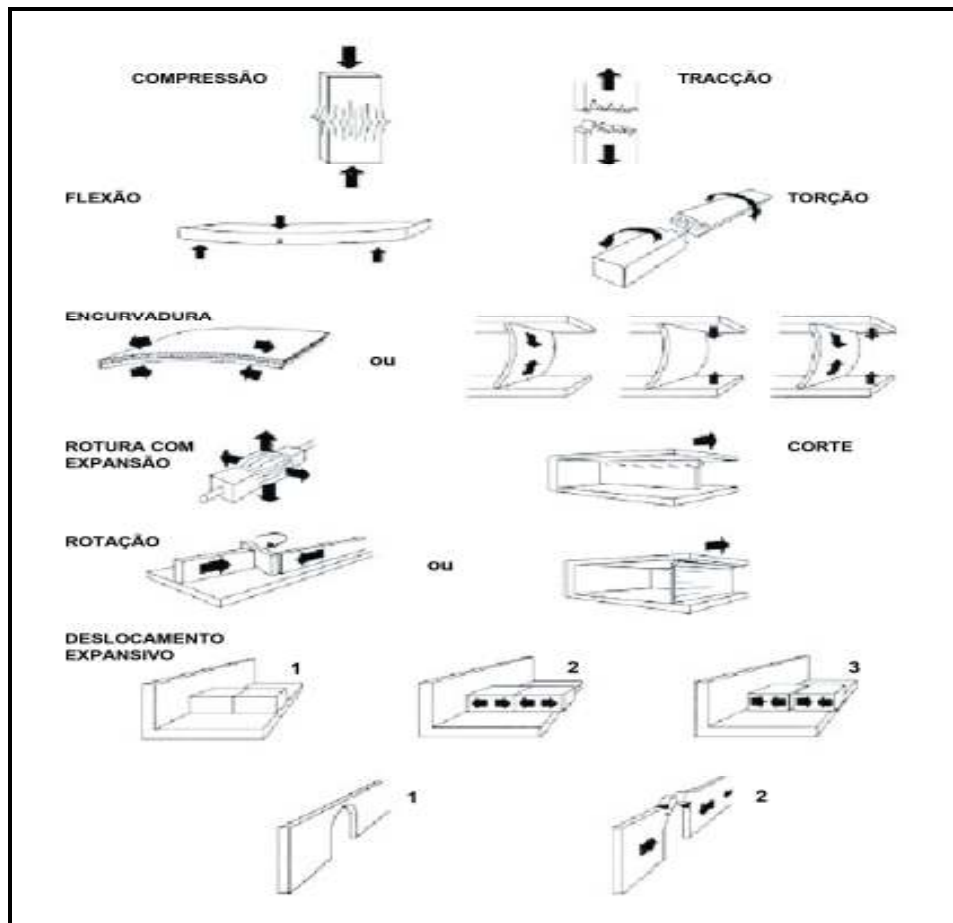


Figura 4.3: BONSHOR, R. B.; BONSHOR, L. L. - “Cracking in Buildings”. BRE, Garston, 1996, citado em [5].

No entanto estas acções podem ocorrer por um factor, ou pela conjugação de vários, nomeadamente:

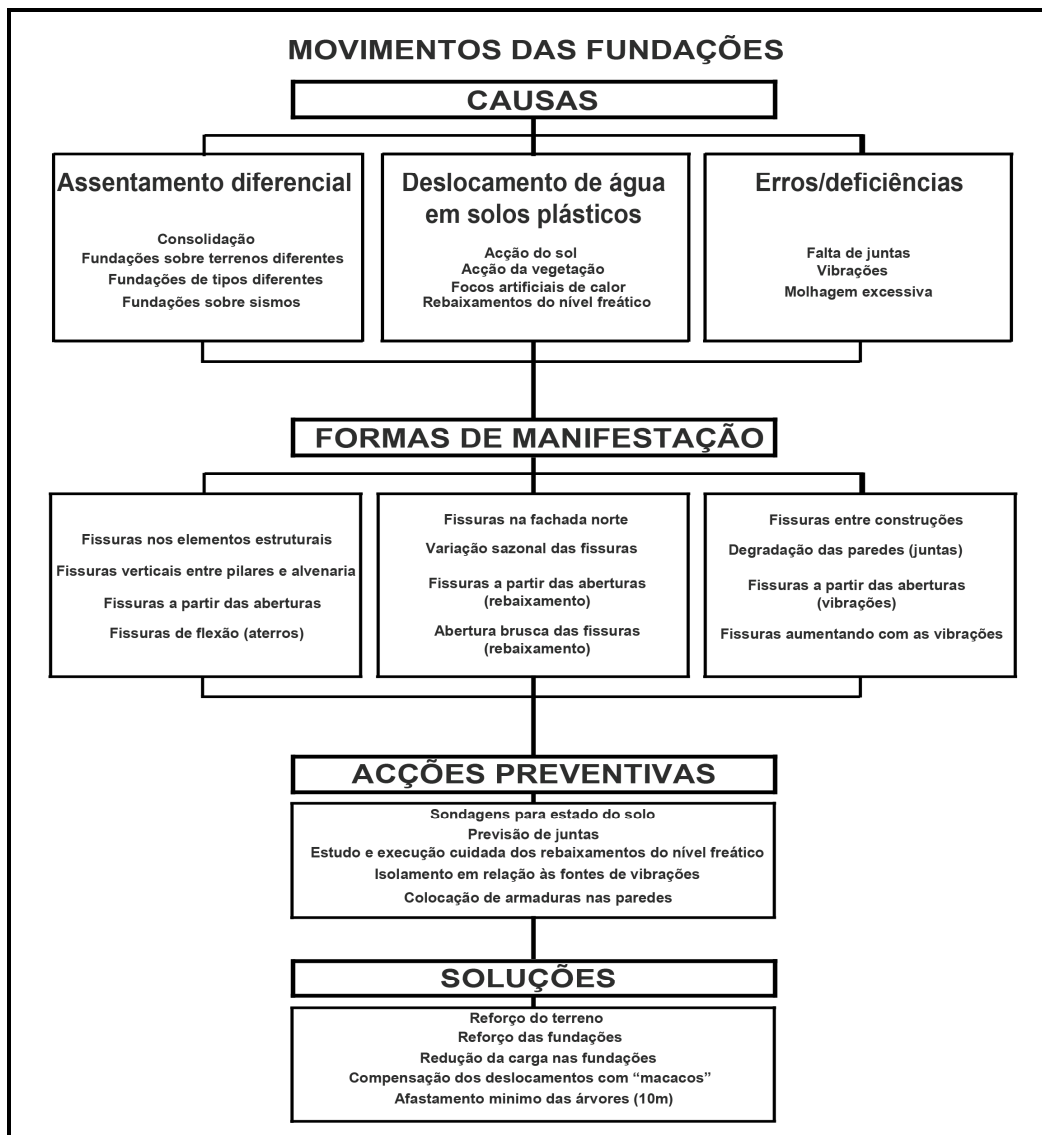
- Movimentos da fundação.
- Acção de cargas externas.
- Deformação do suporte.
- Humidade.
- Variações de temperatura.
- Acção do gelo.



- Ataques químicos.
- Sismos, incêndios...
- Retracção de argamassa e expansão do tijolo.
- Envelhecimento e degradação natural dos materiais.

Quando há grandes movimentos, bruscos e não uniformes do solo, por acção das cargas aplicadas pelas estruturas, estes originam danos nas paredes de alvenaria, resultantes da ocorrência de assentamento diferencial das fundações.

A previsão dos eventuais movimentos do solo que irão ocorrer é difícil e exige a contribuição de várias áreas do conhecimento como a Mecânica de Solos, a Teoria das Fundações, a Análise Estrutural, etc.



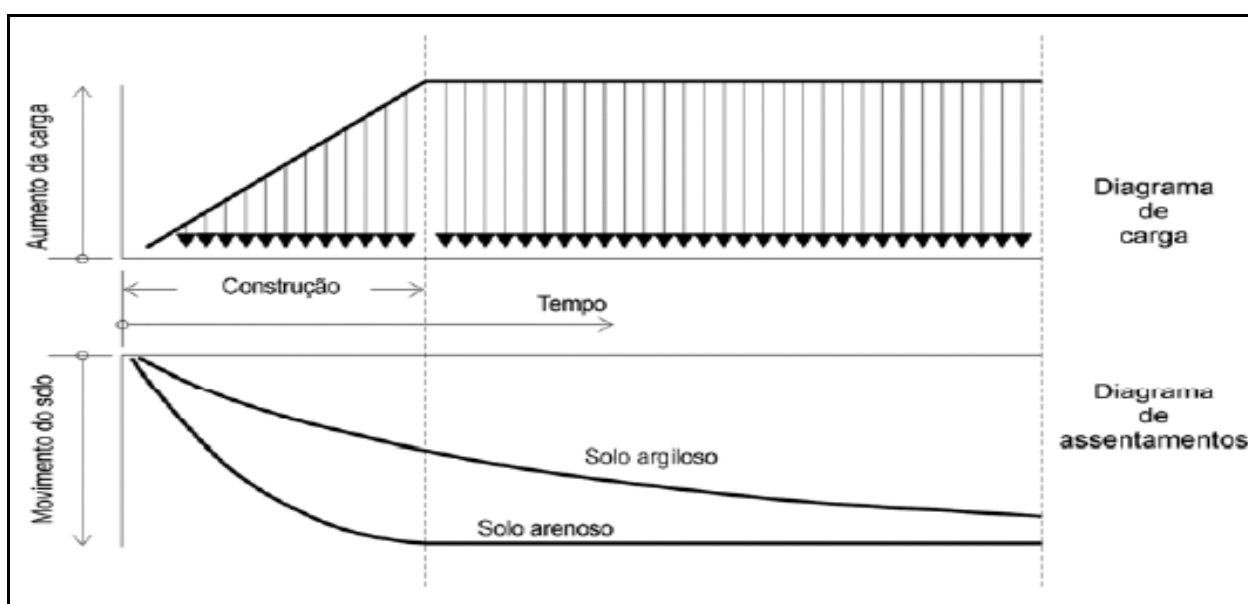
Quadro 4.1: Síntese da fissuração devida a movimentos das fundações, segundo Pfeffermann, citado em [5]



Abordaremos seguidamente alguns destes factores.

- O **solo de fundação** sob a acção das cargas sofre deformações:
 - Elásticas (sobretudo em rochas compactas);
 - Plásticas (corresponde ao deslocamento dos elementos sólidos do solo, em que há alteração da porosidade do material e expulsão da água).

Solos heterogéneos ou com diferentes compacidades são propícios a fenómenos de assentamentos diferenciais.



Quadro 4.2: Esquema de assentamento de solos argilosos e arenosos, em função do tempo e da carga, ADDLESSON, Lyall; RICE, Colin - “Performance of Materials in Buildings”. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1995, citado em [4]

Os solos argilosos sofrem expansões e contracções significativas da humidade. Estes solos, em oposição aos arenosos, retraem tanto que chegam à fissuração.

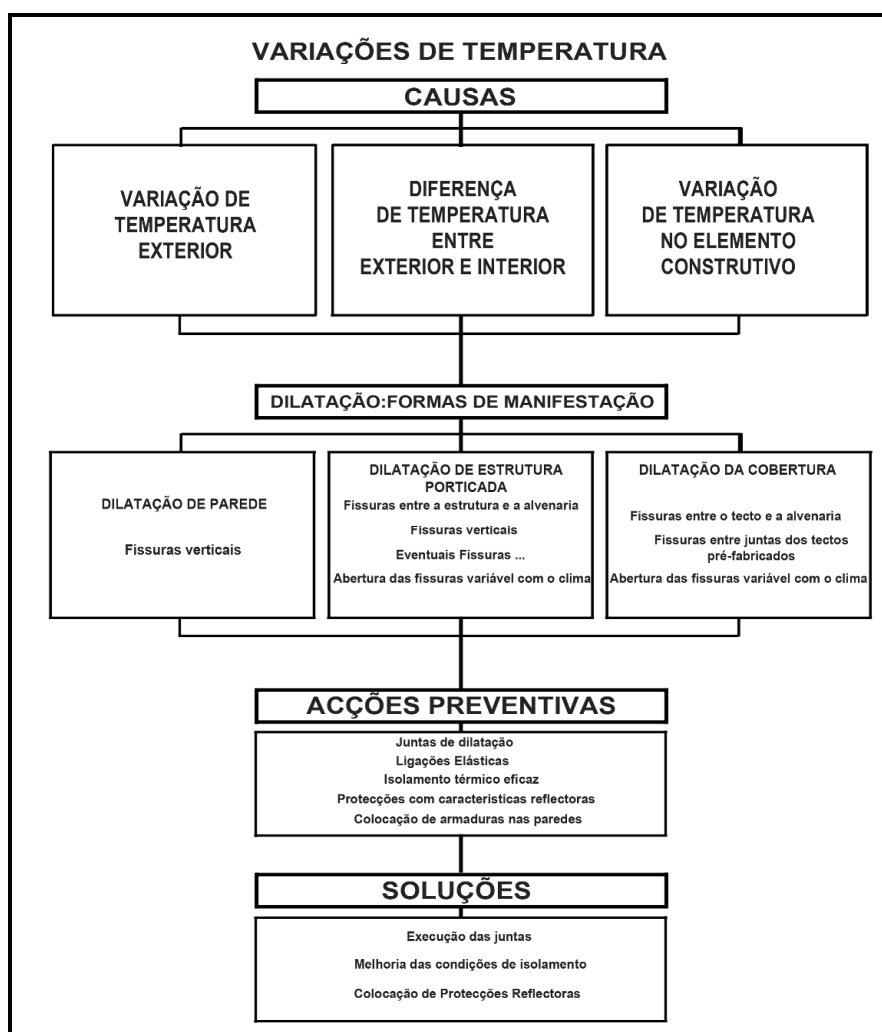
Sobretudo em edificações de pequeno porte situadas em terrenos argilosos muito deformáveis, é notório o aparecimento de fendilhação em paredes de alvenaria. Para minimizar este efeito deve ter-se em conta tudo o que na zona envolvente do edifício possa alterar o teor de humidade do solo, como por exemplo:

- Corte de árvores de grande porte.
- Realização de obras de drenagem no solo.
- Rotura de canalizações enterradas.



- Construção de edifícios de grande porte, pois tal provoca alterações de tensão no solo, gerando fluxos de água.
- Etc...
- Também não é de desprezar a fendilhação da alvenaria devido a fenómenos de origem térmica, e que surgem por causa de:
 - Movimentos da própria parede devido à dilatação e contracção desta, ou de outros elementos não construtivos.

As fissuras de origem térmica são em geral aberturas cíclicas ou evolutivas, sendo que a acumulação de poeiras e detritos no seu interior surge como constrangimento ao seu fecho quando os elementos contraem.



Quadro 4.3: Síntese da fissuração devida a variações de temperatura, segundo Pfeffermann, citado em [5]



- Também os fenómenos químicos apresentam um efeito nefasto após a construção e são ao mesmo tempo causa/efeito da degradação dos edifícios. Estes fenómenos químicos dependem normalmente dos materiais utilizados, do ambiente, da utilização, ... ou da conjugação destes factores.

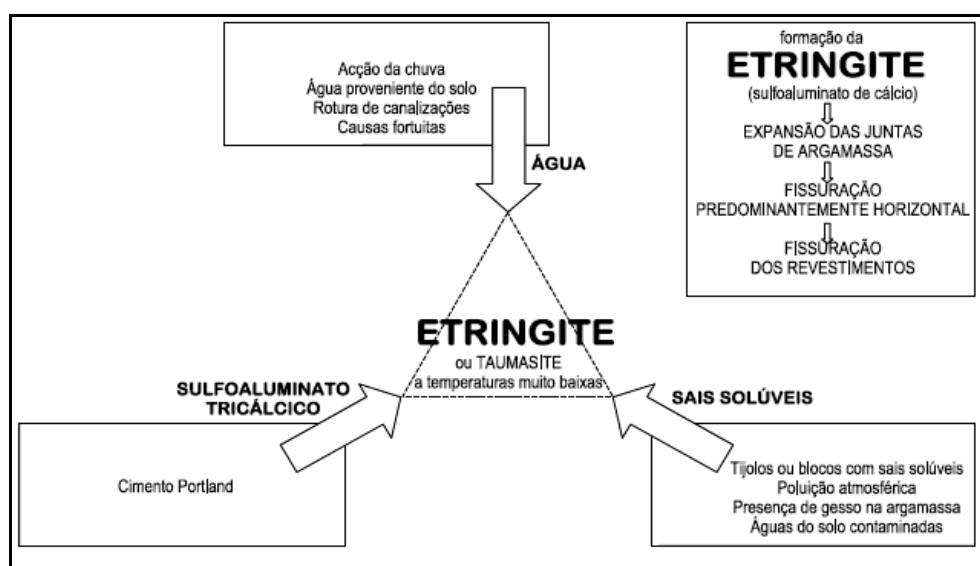
Por exemplo, a utilização de cal mal hidratada conduz, por hidratação a uma posterior expansão com acentuada fissuração.

Entende-se por cal hidratada a que resulta da cozedura de calcário puro e posterior extinção com água. Se o produto é apresentado sob a forma de pasta designa-se por cal apagada e por cal hidratada se for sob a forma de pó.

Contudo a fendilhação mais frequente, nos fenómenos químicos, é provocada por expansão das argamassas sob a acção dos sulfatos.

A formação da “etringite” (sulfoaluminato de cálcio) ou “traumasite” (a baixas temperaturas) origina a expansão de argamassa e conseqüentemente a fendilhação. Estes compostos são o resultado da reacção de aluminato tricálcio com diversos sulfatos solúveis. [5]

Tal, contudo, só é possível na presença abundante de água e de forma prolongada no tempo, sendo pois de recordar mais uma vez que é sempre importante o recurso a medidas que afastem a água das paredes. Caso este fenómeno se verificar numa camada interior de argamassa acaba por fazer destacar a camada superficial destruindo-a.



Quadro 4.4: Processo de degradação das alvenarias por acção dos sulfatos [5]



Recomenda-se o uso de tijolos com baixo teor de sais solúveis, argamassas bastardas com cimento resistente aos sulfatos [1].

- Outro factor que contribui para a fendilhação, é como atrás se referiu, o provocado pela retracção da argamassa e expansão irreversível do tijolo. Nas alvenarias de tijolo com juntas de argamassa hidráulica é de considerar os movimentos irreversíveis, mas naturais, destes dois materiais e na consequente fendilhação das paredes.

O tijolo sofre grandes variações de volume durante o período de fabricação mas também sofre uma expansão irreversível (pode atingir 1,6mm/m) podendo prolongar-se por anos, apesar de que metade dessa expansão ser feita normalmente na primeira semana.

Esta expansão resulta de absorção química de moléculas de água e ocorre quando se lida com tijolos com deficiente cozedura ou seja quando durante esse processo não se atinge as temperaturas necessárias ou a cozedura é demasiado breve.

As fissuras surgem por compressão excessiva da parede ou elementos confinantes, deformação transversal, corte ou tracção de argamassa das juntas.

O caso do fenómeno da retracção das argamassas, também vulgarmente chamado retracção hidráulica, engloba diversos fenómenos físicos e químicos.

Durante o processo de aplicação corrente, as argamassas sofrem uma retracção inicial (primeiros 28 dias) que têm três causas principais [2]:

- **A Dessecação** (as argamassas têm água em excesso e a saída desta água é feita por evaporação ou por contacto com outros materiais com menor teor de humidade, provocando uma perda de massa que é acompanhada por uma contracção com diminuição de volume)
- **A Hidratação** (formação de novos compostos químicos com volume inferior ao que lhes deu origem; autodessecação originada pelo consumo parcial de água nas reacções químicas; exotermia de algumas reacções químicas pois o calor produzido origina retracção na fase de arrefecimento).
- **A Carbonatação** (processo lento que resulta da combinação do dióxido de carbono da atmosfera com o hidróxido de cálcio, formando o carbonato de cálcio com volume inferior aos dos seus constituintes).



A retracção global das argamassas é influenciada por relações complexas entre o tipo de cimento, inertes, a composição (traço e água da argamassa) e o processo de cura.

Quanto maior for o teor em cimento e quanto maior for a relação água/cimento, maior será a retracção final.

Será também necessário controlar as condições de dessecação e a evolução do teor de humidade da argamassa, necessitando-se assim de actuar sobre as condições termo-higrométricas do local, de forma a controlar a retracção das argamassas criando condições de minimização do fenómeno de fendilhação.

As principais patologias não-estruturais dos edifícios são as seguintes:

- Anomalias devidas à acção da humidade.
- Fendilhação.
- Envelhecimento dos materiais.
- Anomalias resultantes de desajustamentos face a determinadas exigências, etc.

A fendilhação é a anomalia mais frequente [15].

As fissuras de pequena dimensão ($<0,1\text{mm}$), denominadas em gíria corrente, por “fio de cabelo”, têm apenas consequências a nível estético (alguns autores consideram até $<0,25\text{mm}$) mas as maiores (considerando abertura, extensão, frequência e localização), designadas por fendas, podem afectar exigências funcionais a nível de estabilidade, salubridade, estanquicidade e textura da parede.

Hoje em dia as diversas instalações a que as paredes de alvenarias são sujeitas, apresentam-se como um risco aumentado no caso de fendilhação, pois ao abrir os roços na parede, estes enfraquecem a rigidez das paredes e criam ainda grandes espaços que necessitam de ser preenchidos com argamassas. Tal gera zonas com transições bruscas de secção, originando a fissuração dos revestimentos, sendo fundamental, na fase de projecto, prever o melhor traçado para as mesmas de forma a minimizar o fenómeno de fendilhação.

Também na fase de projecto se deve ter em conta o reboco a utilizar escolhendo criteriosamente os seus constituintes: argamassas menos rígidas que geram menos tensões, respectivas dosagens e disposições construtivas e adequada aplicação, uma vez que a fendilhação nos rebocos é uma anomalia que está muito presente nos revestimentos dos edifícios e que afecta a sua capacidade



de impermeabilização, permite a fixação de microrganismos reduzindo a durabilidade da parede [9].

4-3– Envelhecimento e degradação

O envelhecimento e a degradação de um edifício, começa logo após a sua construção, o que torna muito importante a manutenção/conservação e reabilitação do mesmo, senão a vida útil do edifício será de poucas décadas, uma vez que se vão esgotando as capacidades funcionais do edifício.

A degradação/envelhecimento de um dado material construtivo pode ser um fenómeno natural (não se manifesta no início, mas vai aparecendo gradualmente com o passar do tempo) mas também pode ficar a dever-se a [9] :

- Deficiência de fabrico.
- Erros de projecto/construção.
- Degradação por agentes diversos (mecânicos, electromagnéticos, térmicos, químicos, biológicos)
- Falta de conservação.



Figura 4.4: Degradação de uma parede , de autor



5. OBSERVAÇÃO E DIAGNÓSTICO

O processo de diagnóstico das anomalias de uma parede de alvenaria ou de um edifício consiste no fundo em verificar/estabelecer, caso a caso, quais as relações causa/efeito das mesmas.

Diagnóstico é por definição a identificação de uma anomalia a partir da observação dos sintomas ou seja das suas manifestações ou consequências [5].

No entanto não é um processo simples, pois não é fácil conseguir obter o conhecimento das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos elementos construtivos e dos materiais em questão.

Por exemplo, no caso de diagnóstico da fendilhação em paredes de alvenaria seria necessária uma boa observação e registo do estado das condições do edifício, devendo observar-se não só as paredes fissuradas mas o estado geral do edifício assim como a sua envolvente.

Seguidamente, apresentamos algumas das várias etapas a percorrer para que, após uma boa observação, se obtenha um diagnóstico o mais adequado possível:

- Definição do problema.
- Visita de reconhecimento ao local.
- Recolha de documento relativo ao projecto e à obra (se for possível)
- Apreciação geral do edifício e envolvente.
- Observação das fissuras e registo.
- Elaboração de uma primeira estimativa sobre a gravidade das anomalias e investigação das respectivas causas.
- Estimativa das variações dimensionais por efeito da humidade e temperatura.
- Revisão das causas apuradas num processo de sucessivas eliminações, não esquecendo que pode haver causas de actuação simultânea

Ou seja, segundo Pereira [10], para o estabelecimento de um diagnóstico correcto devem ser efectuados levantamentos globais de locais da obra onde aparecem os problemas, eventuais manifestações em componentes ou obras vizinhas, presença de outras patologias....

Os registos das anomalias podem ser feitos sob a forma de descrição escrita, esquemas, fotografias/vídeos, ou outros.

Os esquemas ilustrativos permitem realçar os aspectos mais importantes e, quando acompanhados de fotografias, permitem não só servir de auxiliar de memória para o trabalho fora de obra, como para permitir detectar as evoluções das anomalias, o que é um elemento muito importante para o diagnóstico.

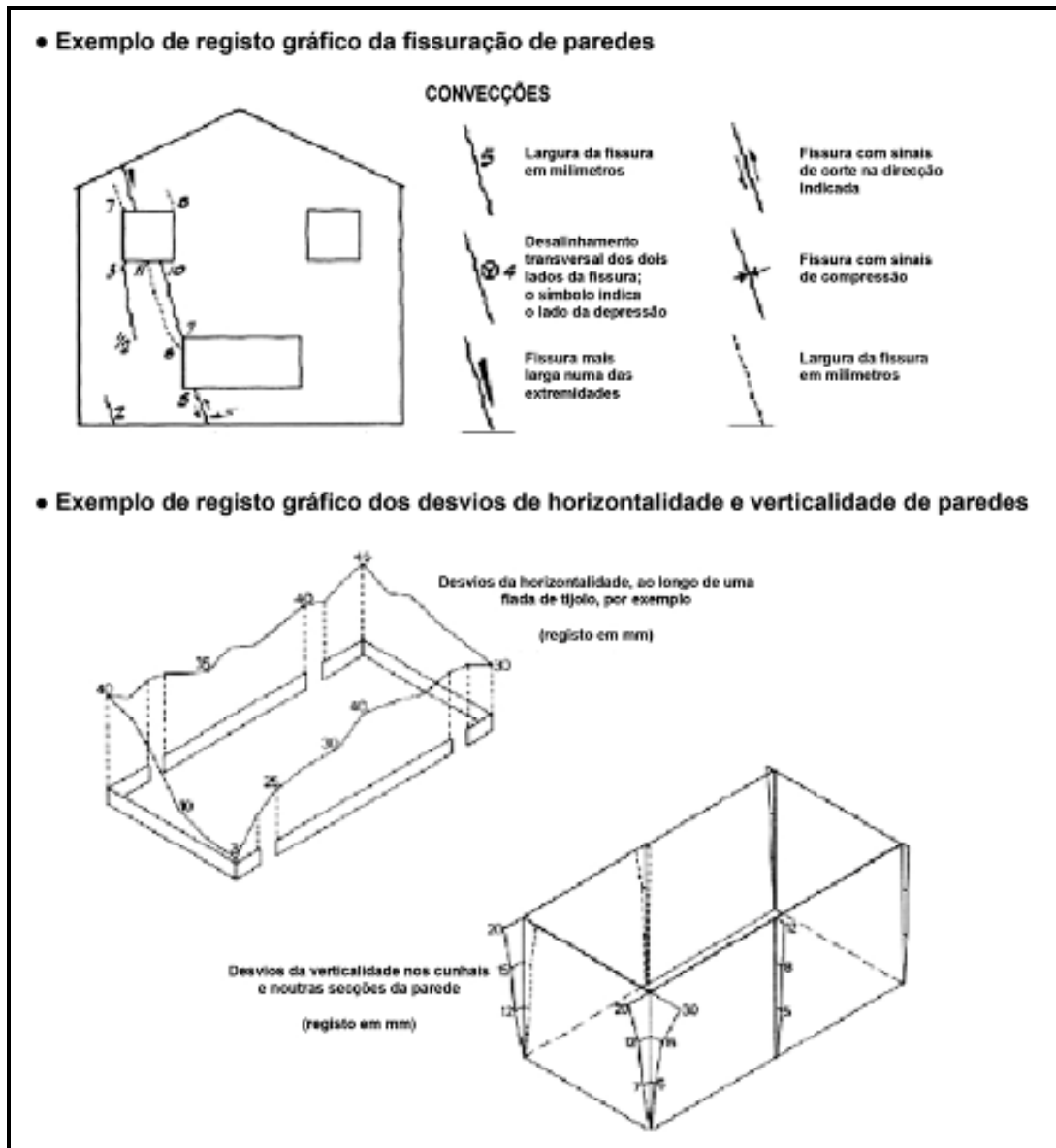


Figura 5.1: Exemplos de registo gráfico de anomalias em paredes [5]

Os aspectos a privilegiar na observação de fissuras variam de autor para autor, citando-se a título de exemplo Bronshon, Thomaz, Drège, Grimm e o CIB-W86 [6,7,8,9].



Bronshon recomenda que se observem e registem, entre outros, os seguintes elementos:

- Largura, direcção e extensão da fissura/fenda.
- Localização, distribuição e frequência da fissura/fenda.
- Outras fissuras relacionadas.
- Desvios da planeza e da verticalidade.
- Idade em estimativa.

Thomaz recomenda que se observem e registem, entre outros, os seguintes elementos:

- Se a fenda atravessa o elemento fendilhado em toda a sua espessura.
- Se existem caixilhos comprimidos.
- Se existem deslocamentos para fora ou para dentro do elemento fissurado.
- Se há condensações ou infiltrações.
- Se já foi reparada anteriormente a fissuração/fendilhação.

Drége recomenda que se observem e registem, entre outros, os seguintes elementos:

- Registrar o traçado ou forma.
- Localização das fissuras horizontais ou inclinadas (em zona inferior média ou superior).
- Localização das fissuras verticais (zonas laterais, central ou outras).
- Data da primeira ocorrência, efeitos secundários observados (penetração de ar e água, manchas de humidade, ...).

CIB –W86, citando Grimm, recomenda que se observem e registem, entre outros, os seguintes elementos:

- Forma da fissura (quebrada, em degraus, rectilínea, rectilínea com degraus, de largura variável aumentando no cimo, no fundo, nos lados).
- Padrão da fissura.
- Largura.
- Posição do elemento construtivo (canto, esquina, periferia).



Após a identificação da anomalia e das causas elabora-se uma matriz de correlação, a qual serve para avaliar a contribuição das diversas causas para o processo de degradação.

As causas prováveis são divididas em directas (determina de forma imediata o aparecimento da anomalia) e indirectas (necessitam de uma causa directa para que se inicie o processo patológico).

O preenchimento de uma matriz onde se colocam nas colunas as anomalias e nas linhas as causas prováveis permite uma leitura fácil da relação anomalia/causa.

C/A	A-A1	A-A2	A-A3	A-A4	A-A5	A-A6	A-B1	A-B2	A-B3	A-B4	A-B5	A-C1	A-C2	A-C3	A-C4	A-C5	A-C6	A-C7	A-C8	A-C9
C-A1	2	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C-A2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C-A3	1	0	1	1	0	0	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1
C-A4	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A5	1	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	1	1	2	2	0	0	2	0	2
C-A6	0	0	0	2	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	1	0	2
C-A7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
C-A8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	2	2	2	1	2	2	1	2	0
C-A9	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
C-A10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
C-A11	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-A12	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
C-A13	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0
C-A14	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
C-B1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
C-B2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
C-B3	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
C-B6	1	0	0	1	0	0	2	1	0	2	1	2	2	2	2	2	0	2	0	1
C-B7	0	0	0	2	2	0	0	2	1	2	2	1	1	1	2	1	0	2	0	2
C-B8	2	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
C-B9	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C-B10	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B11	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-B12	0	0	0	1	0	0	2	1	2	1	0	2	2	2	0	2	1	1	2	1
C-B13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
C-B14	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1
C-B15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0
C-B16	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
C-C1	2	0	2	1	0	0	1	0	1	0	0	1	2	2	0	1	1	0	1	0
C-C2	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	0	1
C-C3	2	0	2	1	0	0	1	1	1	1	0	1	2	2	1	1	1	1	1	0
C-C4	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	2	1	1	0	1
C-C5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1
C-C6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	2
C-C7	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	2	1	0	0	1	1	0	2	0	2
C-C8	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
C-D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	1
C-D2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	2	0
C-E1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	2	0	0
C-E2	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	1	0	1	1	2	1	0	2	0	2
C-E3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
C-E4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	2
C-E5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	1
C-E6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	1	2	0	1
C-E7	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1
C-E8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0
C-E9	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	2
C-F1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-F2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
C-F3	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
C-F4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	2	0	0	1	0	2	0	2
C-F5	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C-F6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 5.1: Matriz de correlação anomalias - causas prováveis (Gonçalves, 2007) , citado em [15].

Esta grelha (a título exemplificativo) foi preenchida com os parâmetros 0, 1 e 2.



Em que:

- 0 – Significa não haver relação
- 1 – Significa que há uma pequena relação (indirecta)
- 2 – Significa que existe grande relação (próxima)

A matriz considerou as seguintes classificações:

A-A. COMPORTAMENTO GLOBAL DA PAREDE	
A-A.1 fissuração	A-A.5 desajustes face a exigências de conforto térmico
A-A.2 esmagamento	A-A.6 desajustes face a exigências de conforto acústico
A-A.3 abaulamento	
A-A.4 degradação das características mecânicas	
A-B. SISTEMA DE REVESTIMENTO	
A-B.1 fissuração	A-B.4 criptoflorescências
A-B.2 perda de coesão / desagregação	A-B.5 presença de microrganismos / organismos vivos
A-B.3 perda de aderência	
A-C. REVESTIMENTO FINAL CERAMICO / PETREO / POR PINTURA	
A-C.1 fissuração	A-C.6 descasque / descamação **/**
A-C.2 perda de aderência / desprendimento	A-C.7 manchas
A-C.3 empolamento	A-C.8 deficiências de planeza **/**
A-C.4 eflorescências / criptoflorescências	A-C.9 presença de microrganismos / organismos vivos
A-C.5 pulverulência	
Legenda:	
* revestimento por pintura	
** revestimento cerâmico aderente	
*** revestimento com placas de pedra natural	

Quadro 5.2: Classificação proposta das anomalias em paredes de alvenaria [15].

C-A ERROS DE PROJECTO	
C-A1 deformabilidade excessiva da estrutura / má concepção do projecto de estabilidade	C-A8 incumprimento das regras de concepção dos revestimentos
C-A2 falta de coordenação entre os projectos de arquitectura e das especialidades	C-A9 inexistente / insuficiente isolamento térmico
C-A3 inadequação / incompatibilidade / má qualidade dos materiais prescritos	C-A10 inexistente / insuficiente ventilação
C-A4 insuficiente estabilidade / resistência da parede	C-A11 deficiente isolamento acústico da parede
C-A5 humidade do terreno	C-A12 má concepção / pormenorização das redes de distribuição e drenagem de águas
C-A6 humidade de precipitação	C-A13 caderno de encargos deficiente
C-A7 má concepção de ligações das paredes a outros elementos	C-A14 pormenorização incompleta, com utilização excessiva de desenhos tipo desadequados à obra
C-B ERROS DE EXECUÇÃO	
C-B1 incumprimento dos projectos	C-B11 má execução da verga
C-B2 pessoal inexperiente	C-B12 incorrecta execução dos revestimentos
C-B3 compactação / estabilização deficiente do solo	C-B13 insuficiente regularização das superfícies acabadas
C-B4 descofragem precoce / inadequada	C-B14 má execução da cobertura, respectivos remates e platibandas
C-B5 armazenagem deficiente dos materiais	C-B15 inexistência de pingadeiras nas zonas inferiores de elementos horizontais
C-B6 inadequadas condições de aplicação	C-B16 má execução dos sistemas de distribuição de água e drenagem de águas residuais / pluviais
C-B7 instalação incorrecta de barreiras de impermeabilização e drenagem de paredes enterradas	
C-B8 má execução dos panos de alvenaria e de remates	
C-B9 má execução da caixa-de-ar de paredes duplas	
C-B10 incorrecta ligação entre paredes e à estrutura	
C-C ACCÕES AMBIENTAIS	
C-C1 variações térmicas	C-C5 exposição solar
C-C2 chuva	C-C6 poluição atmosférica
C-C3 variações de humidade	C-C7 acção biológica
C-C4 vento	C-C8 gelo (ciclos gelo / degelo)
C-D ACCÕES ACIDENTAIS DE ORIGEM HUMANA	
C-D1 vandalismo / graffiti	C-D2 impactos fortuitos / acidente de tráfego
C-E FALHAS NA MANUTENÇÃO	
C-E1 corrosão em elementos metálicos	C-E6 inexistência de limpeza / manutenção em revestimentos
C-E2 anomalias em canalizações	C-E7 falta manutenção em elementos secundários
C-E3 juntas de dilatação com funcionamento deficiente	C-E8 envelhecimento natural
C-E4 ventilação insuficiente em interiores	C-E9 presença de vegetação / ninhos de animais
C-E5 temperatura interior baixa	
C-F ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES INICIALMENTE PREVISTAS	
C-F1 escavações na vizinhança do edifício	C-F4 alteração das condições de utilização
C-F2 concentração de cargas e de esforços	C-F5 alteração dos parâmetros de conforto
C-F3 aumento do nível do solo adjacente à parede	C-F6 economia de energia

Quadro 5.3: Classificação proposta das anomalias em paredes de alvenaria [15].

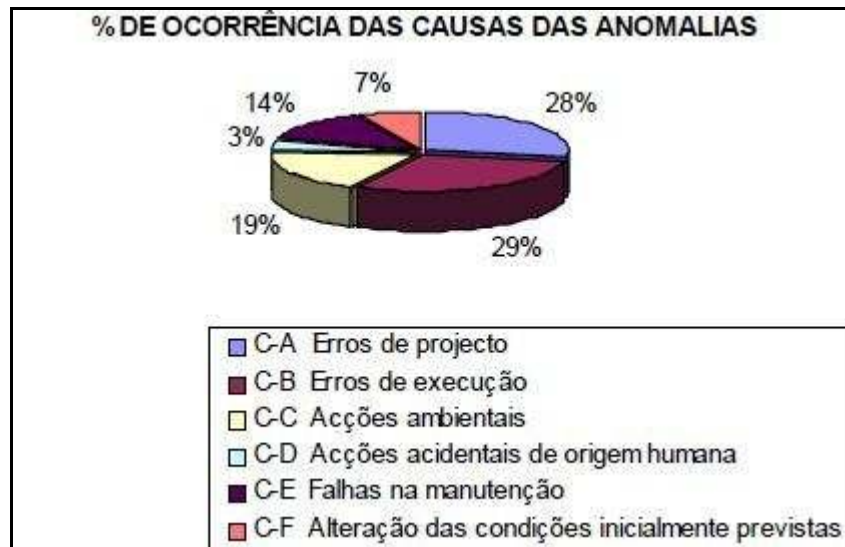


Gráfico 5.1: Percentagem de causas de anomalias por grupo (Gonçalves, 2007) [15].

Assim mais uma vez reiteramos que o diagnóstico correcto das anomalias é o elemento fundamental para o estabelecimento das respectivas medidas preventivas e para a decisão sobre os prováveis processos de correcção que em princípio só serão eficientes na medida em que se combata efectivamente a causa dos problemas.



6. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

Graças ao aparecimento cada vez mais frequente de novos materiais e de novas técnicas de reabilitação, este é um tema em evolução.

No entanto, sempre que exista uma vasta zona sujeita a intervenção convém, em primeiro lugar estabelecer quais são os requisitos funcionais que se pretendem, pois estas obras podem atingir uma relação custo/qualidade que não são admissíveis para o edifício em causa [4].

Perante uma anomalia podem-se tomar várias atitudes, desde a ignorância do fenómeno, até ao extremo de uma intervenção profunda e radical, ou seja pode passar pela mera ocultação do fenómeno e que tem apenas um efeito estético, ou pela efectiva eliminação da anomalia, o que obriga obviamente à eliminação das causas.

Caso se pretenda uma profunda intervenção, tal pressupõe o conhecimento claro das causas da mesma ou fica-se perante uma anomalia que se tornará obviamente recorrente.

6-1 – CASOS DE HUMIDADE

6-1-1 – Humidade de construção em edifícios recentes

Anomalias:

- Manchas nas paredes.
- Formação de bolores pontuais (atrás de móveis, quadros, etc....)
- Eventual fissuração ligeira e localizada.

Estas anomalias têm como consequências não só uma degradação ao nível estético, mas também a degradação de condições de salubridade, uma vez que surgem fungos e bolores, e a retracção devida a subsequente secagem, poderá despoletar o fenómeno de fendilhação.

Causas [4] :

- Materiais não protegidos da chuva no estaleiro.
- Molhagem excessiva do tijolo nas fases do assentamento.
- Argamassas muito fluidas.
- Deficiente secagem da construção antes da ocupação.
- Dificuldade de ventilação.
- Sobre ocupação dos fogos.



Reabilitação – Deveria recorrer-se o mais rapidamente possível a uma ventilação natural intensa, podendo também recorrer-se ao aquecimento complementar mas sempre associado à ventilação. Após a secagem, a reabilitação vai depender das anomalias que surgirem.

6-1-2 – Humidade ascensional

Esta humidade é a que surge, através de materiais porosos, nas paredes de pisos térreos ou que estejam em contacto com o solo. Para que tal aconteça é necessária a conjugação de três factores:

- Água (do solo; nível freático elevado; paredes que confinam com valetas; etc. ...)
- Materiais porosos.
- Não existência de corte hídrico.

Materiais porosos com capacidade capilar levam a água à base da parede e, sendo também esta porosa, os problemas de humidade vão manifestar-se pela parede acima se não for feita uma impermeabilização superficial da parede, barreira estanque etc., ou seja se não for feito um corte hídrico.

As consequências consistirão no empoamento, destacamento da tinta, eflorescências, etc. No caso de se impermeabilizar, por exemplo colocando um lambril de azulejos sem resolver o problema que está subjacente, o que vai acontecer é que a altura ascensional da humidade sobe.



Figura 6.1: Parede forrada com aglomerado de cortiça com humidade ascensional, de autor



É de facto um problema de difícil resolução, pois para reabilitar os revestimentos deteriorados é sempre necessário eliminar o fenómeno ascensional.

Segundo Silva [2] são três os tipos de técnicas a utilizar para a reabilitação:

- Demolição da base da parede para interposição, por faixas, de banda impermeável.
- Colmatação dos poros na base da parede por impregnação com selantes adequados injectados de forma controlada, na sequência de furos a executar.
- Execução de furos de ventilação permanente na base da parede, para promoverem a sua secagem, impedindo assim a ascensão da humidade.

Se estas técnicas não forem possíveis, pode substituir-se uma faixa inferior do reboco por argamassas macro porosas que também permitem a evaporação da humidade.

Além destas medidas directas deve-se, sempre que possível, tomar medidas complementares, afastar a água das zonas afectadas criando drenos exteriores de forma a afastar a água exterior da base das paredes [9].

6-1-3 – Condensação

É um fenómeno mais recorrente durante a estação fria, o Inverno, e é devido, essencialmente, à conjugação de três factores:

- Aquecimento inexistente.
- Reduzida renovação do ar.
- Fraca resistência térmica das paredes.

Estes factores conduzem a fortes teores de humidade do ar no interior e a baixas temperaturas superficiais na face interior das paredes e, conseqüentemente, à condensação superficial.

Anomalias: - Manchas com limite difuso e escuro nas paredes, nos tectos dos andares superiores.

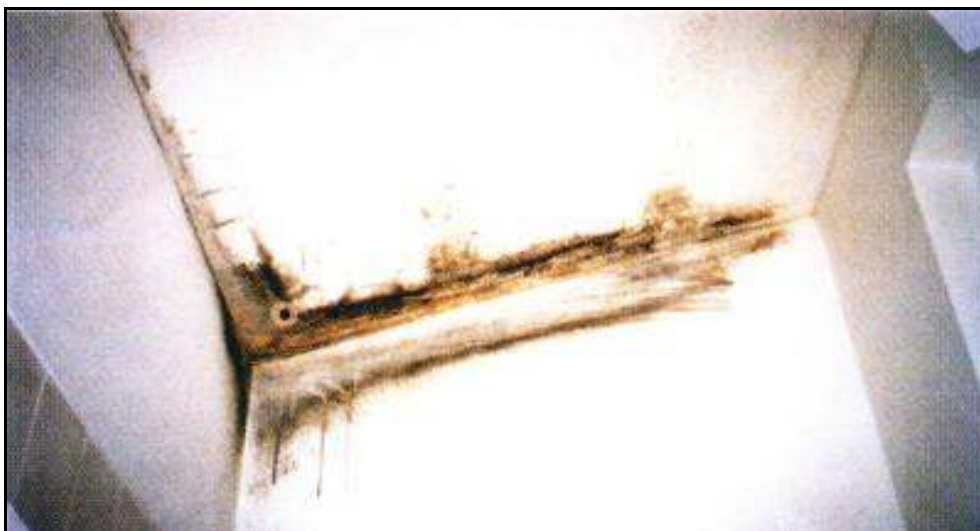


Figura 6.2: Condensação Superficial [4].

Reabilitação – Se for caso disso, reabilitação exterior com eliminação das infiltrações e reforço da resistência térmica das fachadas, de preferência com soluções de isolamento térmico, limpeza dos revestimentos interiores com produto esterilizante e a sua posterior lavagem com produto neutro e, após secagem, reparação e pintura.

É fundamental sensibilizar os habitantes para este problema e fomentar neles hábitos de ventilação e a tomada de medidas que previnam a produção descontrolada de vapor de água sobretudo nas cozinhas e casas de banho.

6-1-4 – Eflorescências

O fenómeno de eflorescência ocorre quando se conjugam simultaneamente as seguintes circunstâncias:

- Água nas paredes
- Saís solúveis nos materiais constituintes.
- Migração de humidade na parede seguida de evaporação.

A água que circula pelas paredes (independentemente da anomalia que provoca esta circulação) dissolve os saís do tijolo e das argamassas.

Esta água ao evaporar-se deposita os saís à superfície de cor esbranquiçada nas superfícies das paredes.



Reabilitação – Em primeiro lugar há que eliminar a fonte da humidade ou a criação de barreiras que impeçam o acesso de água ao elemento confinante. Deve-se também proceder à reparação de ligações, acessórios, etc. se a humidade tiver por origem infiltrações com origem nestes.

Após a eliminação da causa, efectua-se a escovagem a seco da eflorescência, reabilitando-se de seguida, se necessário.

6-1-5 – Infiltrações

Quando as paredes apresentam fissuras, destacamentos, ou desagregação local do revestimento, podem ocorrer mais facilmente infiltrações e conseqüentemente verificar-se a crescente degradação das mesmas. Com a desagregação das paredes há um aumento progressivo de infiltrações, ou seja é um fenómeno que é ao mesmo tempo causa e efeito.



Figura 6.3: Parede com desagregação do revestimento, de autor

Reabilitação:

- Primeiro corrigir os efeitos encontrados (fissuras, destacamentos, etc.)
- Reparação do revestimento exterior para limitar a entrada da água.
- Utilização de um revestimento correctivo caso a fendilhação seja acentuada.

Por vezes é o conjunto parede-revestimento que não está funcional, normalmente por deficiente execução da caixa-de-ar, caleira inferior ou sistema de drenagem. [9]



6-1-6 – Infiltrações fortuitas

Estas são infiltrações casuais com origem em roturas de canalizações, má aplicação do lava-loiça, etc.

Estas originam degradações não só nos revestimentos mas também nas instalações embebidas na parede, como por exemplo as eléctricas.

É necessário não esquecer que a humedificação acentuada se pode manifestar em zonas distantes da origem do problema, uma vez que a água migra pelos elementos construtivos, o que por vezes dificulta a procura da causa do problema.



Figura 6.4: Anomalia por migração da água, de autor

Reabilitação [9]:

- Reparação dos equipamentos e canalizações que originam estas infiltrações.
- Secagem.
- Reparação dos revestimentos afectados.



6-2- Casos de fendilhação

Para optar pelo tipo de intervenção correcta, em casos de fendilhação, há que determinar:

- As causas (intrínseca ao elemento construtivo e as externas)
- O tipo de fissura/fenda e o seu grau de estabilização.
- Consequências (falta de estanquicidade, diminuição de resistência, degradação acelerada dos materiais, etc.)
- Tipo de paredes (fachada interior, tijolo à vista, etc.)

Na reabilitação genérica de diferentes tipos de fissuras, o trabalho a executar deve obedecer segundo Silva [9] a algumas condições:

- Fissuras inferiores a 0,5mm - basta limpá-las cuidadosamente com jacto de ar e preenche-las de seguida com uma argamassa fina com polímero/resinas acrílicas.
- Fissuras com espessura entre 0,5 e 1mm e espaçamento inferior a 1m - deve-se reabrir a fissura em forma de V, limpá-la com jacto de ar, tapa-la com mástique sintético, fita tipo Kraft e seguidamente reboca-la. Se a parede for revestida de reboco e for de seguida pintada, deve-se primeiro remover uma faixa de 20cm de largura, por forma a que a fenda fique centrada, e terminar-se a operação com a reparação dessa faixa de reboco com argamassas e resinas acrílicas.

A fendilhação é uma anomalia recorrente pelo que, no caso da reabilitação de uma fissura que já foi reparada, há que retirar em primeiro lugar todos os materiais utilizados na reparação anterior, sendo sempre aconselhável, qualquer que seja a largura da fissura, a remoção da faixa de 20cm acima citada.

Como nota final, convém realçar que todos os materiais utilizados nas reparações (mástiques sintéticos, primários de aderência, argamassas em resinas acrílicas/polímeros, etc.) devem ser acompanhadas das respectivas fichas técnicas onde se indique a sua composição, longevidade prevista e condições de aplicação recomendadas pelo fabricante [9], e devem ser previamente submetidos à aprovação da fiscalização.



Para os casos de fendilhação que obriguem a:

- Estabilização localizada de paredes de alvenaria com inserção de armaduras horizontais embebidas,
- Estabilização localizada de paredes de alvenaria com agrafos metálicos na parede,
- Demolição localizada da parede de alvenaria e posterior reconstrução,

o seu estudo teria de ser extenso e aprofundado pelo que não incluímos no âmbito deste trabalho.



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração deste trabalho, (após planificação, recolha de bibliografia e levantamento do estado da arte), sobre paredes de alvenaria de tijolo no país, duas considerações me ocorrem para finalizar.

A construção/inação e a reabilitação de edifícios.

Quanto à primeira, a construção de alvenaria de tijolo, tradicional no nosso país, tem vindo notoriamente a sofrer algumas alterações positivas e evolutivas. Uma maior consciência quanto à sustentabilidade, uma maior exigência no que concerne à qualidade e eficácia, quer pela parte de quem adquire, quer de quem projecta, e ainda por força de um maior leque de regulamentações sobre a matéria, foram e são factores positivos para a evolução desta.

A este avanço positivo não é de modo nenhum alheio a ligação cada vez maior das empresas às universidades e a centros de investigação, na procura de melhores condições de optimização das características do tijolo, dos pontos de vista da sua resistência mecânica, comportamento térmico e acústico.

Tome-se como exemplo o sistema "cBloco", adaptado à construção de alvenaria de pano único, que não utiliza cofragens (pois as peças, servem de cofragens perdidas), possuindo um encaixe macho - fêmea que facilita a sua junção. A existência de peças complementares neste sistema permite aumentar a produtividade, uma vez que, além de maior rapidez, torna mais fácil a construção, aumentando a qualidade e reduzindo as patologias. A nível da sustentabilidade, este sistema, recicla resíduos de outras indústrias, ao introduzir celulose, resíduos de madeira e outros materiais orgânicos, na pasta. Este é apenas um exemplo do que por cá se vai fazendo.

Quanto ao problema da reabilitação das patologias em edifícios, o estado da arte, apesar de apresentar um carácter evolutivo, não é tão animador. Existem actualmente muitos estudos e investigações nesta área mas dois factores se destacam pela negativa.

O primeiro é a quantidade de edifícios, sobretudo nas zonas históricas, a necessitar de intervenção. A sua recuperação parece um feito Hercúleo.

O segundo é que as zonas a necessitar de Reabilitação necessitam também de Requalificação, Revitalização e Renovação. Além de que a reabilitação deve assentar na identificação prévia das suas principais condicionantes, no conjunto de soluções finais de estratégias de intervenção,



técnicas de reabilitação e sequência de operações. Como estas são muito variadas e devem ser estudadas caso a caso, não havendo soluções - tipo, necessitam de um projecto prévio assim como de um excelente acompanhamento durante a fase de execução.

Apesar de muitos e excelentes estudos de caso e de estudos teóricos já existentes sobre a efectiva recuperação de edifícios, esta ainda não é uma prática corrente e usual no nosso país.

Apresentam-se de seguida algumas sugestões que poderão ser seguidos para aprofundar em futuros trabalhos :

- Estudo de caso em edifícios antigos que enfermem de patologia e a necessitar de intervenção curativa.
- Investigar o estado da arte no que concerne à manutenção pró-activa de edifícios de alvenaria de tijolo.



8. BIBLIOGRAFIA

- [1] **Silva, J Mendes, e Abrantes, Vítor** – “Patologia em paredes de alvenaria: causa e soluções, “ Seminário sobre paredes de alvenaria”, 2007
- [2] **Silva, J Mendes** – “Alvenarias não estruturais. Patologias e estratégias de reabilitação”, actas do seminário sobre “paredes de alvenaria, situação actual e novas tecnologias” – Porto 2002
- [3] **APICER, CTCV e DEC-FCTUC** – Manual de Alvenaria de Tijolo. Associação Portuguesa de Industrias de Cerâmica de Construção, Coimbra 2000
- [4] **APICER, CTCV e DEC-FCTUC** – Manual de Alvenaria de Tijolo. Associação Portuguesa de Industrias de Cerâmica de Construção, 2ª Edição 2009
- [5] **Silva, J Mendes** – “Fissuração das paredes de alvenaria de tijolo” – Capítulo 2 da Tese de Doutoramento em versão digital – Divulgação Académica, Coimbra 1998
- [6] **CIB** – W86 “Building Pathology – a state of the art report” Publication 155. Netherlands, June 1993
- [7] **Thomaz, Ércio** – “Técnicas em edifícios, causas prevenção e recuperação”, São Paulo 1989
- [8] **Grimm, C.T.** – “Masonry Cracks: A review of the literature”, Philadelphia 1988
- [9] **Silva, J Mendes** – “Cadernos da Tecnologia da Reabilitação”, versão digital – Divulgação Académica, Coimbra 2010
- [10] **Pereira, Paulo** – “Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural”, Universidade do Minho, 2005 [Consultado em 3 de Agosto de 2010]. Disponível em < <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2734> >
- [11] **Lourenço, Paulo** – “ Concepção e projecto para alvenaria” – Seminário sobre paredes de alvenaria, Porto 2002
- [12] “Contributos para o plano estratégico de habitação 2008-2013” [Consultado em 3 de Agosto de 2010]. Disponível em < <http://habitacao.cm-lisboa.pt/documentos/1234211200I5eGS7kj9Fq51IF7.pdf> >
- [13] **Ferreira, Hestnes**, “Conhecer o tijolo para construir a Arquitectura”, Porto 2002
- [14] “A vida da construção” [Consultado em 3 de Agosto de 2010]. Disponível em < <http://www.staywithclay.com/pt/clc-usage/economical-heating.asp> >
- [15] **Gonçalves, Adelaide, Brito, Jorge de e Branco, Fernando** - “Causas de anomalias em paredes de alvenaria de edificios recentes” [Consultado em 5 de Agosto de 2010]. Disponível em < <http://engenhariacivil.files.wordpress.com/2009/03/alvenarias-patologias.pdf> >



- [16] **NP1037-1** - Ventilação e evacuação dos produtos de combustão dos locais com aparelhos a gás.
- [17] **RSECE** - Decreto-lei n.º 79/2006 - Regulamento dos sistemas energéticos de climatização dos edifícios.
- [18] **Piedade**, A. Canha - "Climatização em edifícios envolvente em comportamento térmico" - Ed. Orion
- [19] **Mascarenhas**, Jorge - "Sistemas de Construção", volume I e II, Livros Horizonte
- [20] Catálogo de blocos cerâmicos estruturais, cerâmica Gresca. Disponível em < <http://www.ceramicgresca.com.br> >
- [21] **NP EN 771 - 1 : 2006** - "Especificações para unidades de alvenaria. Parte 1. Tijolos cerâmicos.", IPQ Lisboa, 2006
- [22] **NP 80 (1964)** - "Tijolos para alvenaria características e ensaios", IPQ Lisboa, 1975
- [23] **NP 834 (1971)** - "Tijolos de barro vermelho para alvenaria. Formatos", IPQ Lisboa
- [24] **NP EN 772** - "Métodos de ensaio de blocos de alvenaria"
- [25] **Neto**, Nestor A. Santos - "Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos", Brasil, 2006
- [26] **EN 1996-1-1: 2005**. Eurocode 6 – Part 1-1: General Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry Structures. Brussels : CEN, 2005.
- [27] **NP EN 1998-1:2010** Eurocódigo 8: Projecto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios. Monte da Caparica, IPQ, 2010.
- [28] **EN 846** - Métodos de ensaio para componentes de alvenaria.
- [29] **EN 998** - Especificação para argamassas para alvenaria
- [30] **EN 1052** - Métodos de ensaio para alvenaria
- [31] **Marcação CE** → Avaliação da conformidade - LNEC 2007 [Consultado em 12 de Setembro de 2010]. Disponível em < http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/sistemas_avaliacao_conformidade >
- [32] **Ferreira**, Petra - "Sistemas de ventilação híbridos em edifícios" [Consultado em 5 de Setembro de 2010]. Disponível em < <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/11532?mode=full> >
- [33] **RCCTE**, - Decreto-lei n.º 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios