

**FISSURAÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA DEVIDA AO MOVIMENTO
DOS ELEMENTOS DE SUPORTE**
Cracking in masonry walls due to the excessive movement of the supporting elements

JOSÉ LUIS MIRANDA DIAS
Assistente de investigação do LNEC (DED/NPC)

RESUMO

Na presente comunicação aborda-se o tema da deformabilidade excessiva dos elementos de suporte de paredes de alvenaria e os fenómenos de fissuração associados, com vista a uma formulação adequada das medidas de conservação dos edifícios onde tal tipo de anomalias ocorre.

São analisados os aspectos característicos do comportamento das paredes de alvenaria e dos seus elementos de suporte, assim como da sua acção composta.

Apresentam-se algumas manifestações de patologia relacionadas com a fissuração de paredes de alvenaria e devidas essencialmente a situações de deformabilidade excessiva dos seus suportes.

Divulgam-se os resultados e conclusões de diversos estudos experimentais realizados por instituições científicas internacionais e que consistiram no ensaio de paredes assentes sobre vigas de suporte.

No final são feitas considerações sobre a limitação das flechas do suporte e analisadas algumas das recomendações constantes da regulamentação nacional e internacional.

ABSTRACT

This paper concerns the study of the excessive movement of the supporting elements of masonry walls and the corresponding damages, as regards the adequate formulation of conservation actions on buildings where this kind of damages occur.

The characteristic aspects of the behaviour of the masonry walls and the supporting elements are analysed, as well as their composite action.

Some damage cases related with the cracking of masonry walls caused by the excessive deflections of the supporting element are reported.

Mention is made of the results and conclusions of experimental studies carried out by international research centers which concerned tests of masonry walls on supporting beams.

Finally, the limiting deflections of the supporting beams are discussed, and the analysis of some of the recommendations of National and International Codes is made.

1 - INTRODUÇÃO

A observação do comportamento em serviço de edifícios tem revelado que as deformações a que os seus elementos estruturais e não-estruturais se encontram sujeitos, quando ultrapassam determinados limites, passam a afectar significativamente a utilização e, nos casos de maior gravidade, a resistência e a estabilidade do edifício. A definição de adequadas medidas de conservação e de reabilitação de edifícios nestas situações carece, previamente, para além de um levantamento detalhado das anomalias, de um diagnóstico que permita avaliar, através duma correcta fundamentação das causas das deformações, a progressão do valor destas últimas ao longo do tempo de utilização. Esta avaliação deve visar não só os elementos estruturais (em especial vigas e pavimentos) como também os elementos não-estruturais, designadamente as paredes de alvenaria, e requer um conhecimento o mais aproximado possível, quer das acções a que estão vulgarmente sujeitos estes elementos, quer da sua resposta, em termos de comportamento, face a estas mesmas acções.

Verifica-se, por vezes, que os elementos estruturais sujeitos a deformações impõem às paredes de alvenaria de preenchimento confinantes, deformações apreciáveis que acabam por se adicionar às deformações internas que ocorrem, eventualmente, nas próprias paredes, e que usualmente se relacionam com as variações dimensionais devidas ao efeito da temperatura e da humidade. Das situações de deformações impostas às paredes de alvenaria destacam-se os casos mais frequentemente observados nos edifícios e que se referem a assentamentos diferenciais da fundação, e à deformação por flexão excessiva de pavimentos e vigas, e que se traduzem, geralmente, na fissuração dos revestimentos das paredes (p.ex. figs. 1 a 4) e até mesmo dos seus elementos constituintes (blocos e juntas argamassadas). Trata-se de situações inconvenientes, atendendo a que, para além de poderem provocar um certo alarme no utente, comprometem o aspecto estético, o isolamento acústico e a estanquidade ao ar e à água da chuva no caso de paredes exteriores.

No caso da deformação por flexão excessiva de vigas e pavimentos, um aspecto essencial a ser considerado será o do estabelecimento da flecha relativa máxima admissível do suporte, a partir da qual a parede de alvenaria apresente sinais de fissuração inaceitáveis, ou então ocorra deficiência de aspecto assinalável no elemento de suporte. Para isso torna-se necessária a previsão, com alguma precisão, dos valores da flecha do suporte.

Com o aparecimento recente de regulamentos de segurança de estruturas com formulação baseada em estados limites últimos e de utilização, surge a necessidade, em particular em relação a este último estado, de definição de critérios para a limitação das deformações. Admite-se, no entanto, que a definição de critérios absolutos para a limitação das deformações dos suportes seja problemática, dado que, por exemplo, se reconhece que a opção de escolha de elementos estruturais esbeltos e de paredes com capacidade de acomodação aos movimentos, origina, eventualmente, um nível de fissuras nas paredes (quer ocorrendo logo após a construção quer no decorrer do período de exploração) relativamente aceitável, isto tendo em conta que a sua reparação poderá ser devidamente integrada num plano de conservação regular do edifício [3].

Naturalmente, que esta opção surge em alternativa a uma outra em que a limitação das deformações dos elementos estruturais determina estruturas menos esbeltas, e conduz uma situação de quase inexistência de fissuração nas paredes, obviamente associada a custos iniciais da construção mais elevados, mas com a contrapartida de uma conservação e manutenção consideravelmente mais reduzida [3].

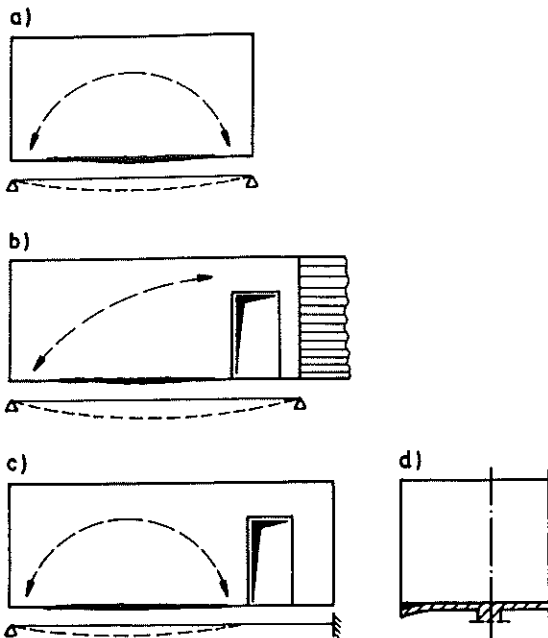


Fig. 1 - a), b), c), d); Danos em paredes não estruturais. Fendas na ligação da parede com o pavimento devido à colocação em carga da parede [3] e [12].

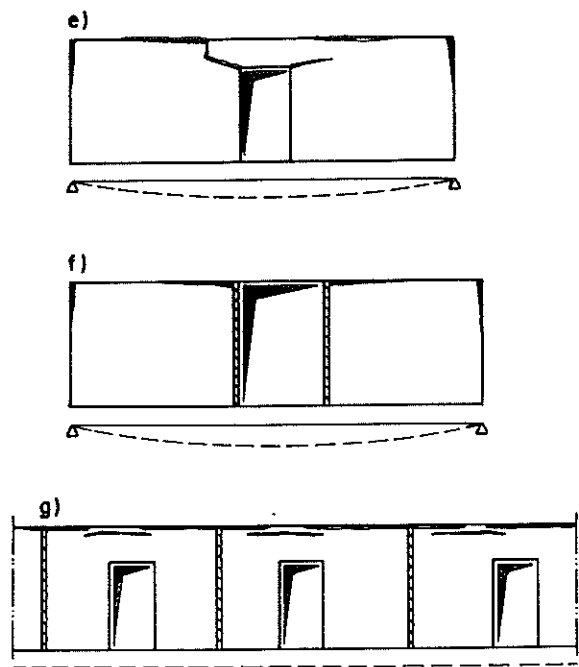


Fig. 2 - e), f), g); Fendas na zona de ligação entre a parede e o tecto devido à rotação ou movimento de painéis de parede [3] e [12].

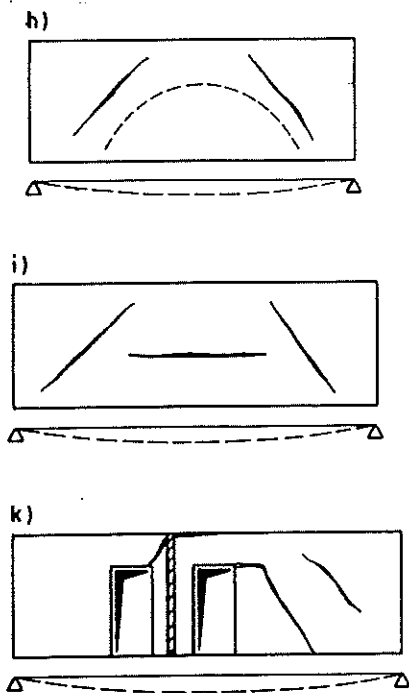


Fig. 3 - h), i), k); Fissuras inclinadas em paredes devido ao valor excessivo das tensões de corte [3] e [12].

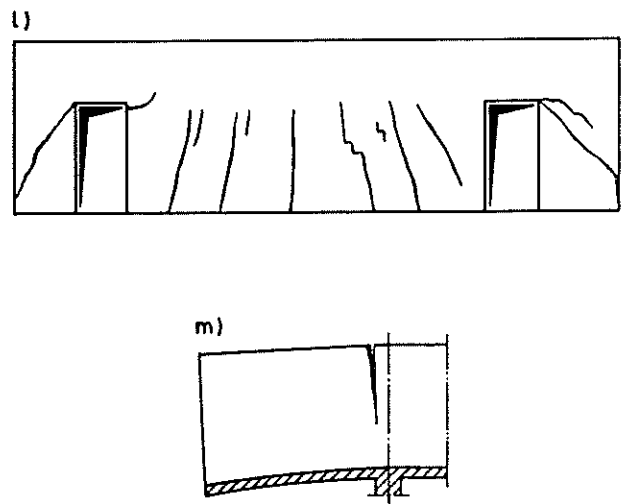


Fig. 4 - l), m); Fissuras verticais em paredes devido ao valor elevado das tensões resultantes da flexão [3] e [12].

2 - ASPECTOS DO COMPORTAMENTO DAS PAREDES DE ALVENARIA E DO ELEMENTO DE SUPORTE

As paredes de alvenaria são usualmente constituídas por um conjunto de blocos realizados com base em materiais de reduzida capacidade de resistência à tracção. Estes blocos estão solidamente interligados através de juntas argamassadas ou coladas que, em regra, constituem planos de menor resistência. De uma forma geral, constata-se que as paredes de alvenaria são menos rígidas que os seus elementos estruturais de suporte.

As paredes de alvenaria são, pois, predominantemente destinadas a exercer funções não portantes de preenchimento das malhas estruturais, muito embora disponham de uma apreciável capacidade resistente em relação a cargas verticais eventualmente transmitidas por deformação excessiva do elemento estrutural confinante superior (pavimento ou viga). Todavia, com o aumento progressivo da carga absorvida, os valores das tensões principais na parede evoluem até que se verificam determinadas condições limites, a partir das quais se manifestam fenómenos de fissuração nas paredes de alvenaria.

Porém, na situação patológica observada em edifícios e relacionada com a deformação excessiva dos suportes (pavimento ou viga inferior) de paredes de alvenaria não resistentes, considera-se que a posição e configuração das fissuras que ocorrem nas paredes variam de acordo com diversos factores: relação vão-altura das paredes; qualidade e dimensões dos materiais constituintes das paredes; presença ou não de aberturas na superfície da parede; interacção possível com outros elementos estruturais (pilares ou vigas) e não estruturais - divisórias, fachadas, etc [11].

Por outro lado, constata-se experimentalmente [10], e [11] que, a partir de um certo valor limite de deformação do elemento estrutural de suporte (pavimento ou viga), os painéis de alvenaria deixam de poder acompanhar as deformações adicionais do suporte, ocorrendo, subsequentemente, situações de fissuração apreciável nos seus paramentos. Convém referir que existem, igualmente, valores limites de deformações dos próprios suportes, a partir dos quais se considera que as deficiências de aspecto associadas são manifestamente inconvenientes.

O cálculo do valor da flecha do suporte em betão armado faz intervir diversas variáveis relacionadas com as propriedades dos materiais, designadamente o valor da tensão de rotura por tracção, o módulo de elasticidade e o coeficiente de fluência. A precisão do cálculo dos valores da flecha do suporte a longo prazo é consideravelmente elevada, sendo ainda de salientar que as imprecisões associadas ao valor da tensão de rotura à tracção adoptado, reflectem-se significativamente menos nas deformações a longo prazo do que nas deformações instantâneas [3].

Nylander, [10] e [13] referiu que, em edifícios de médio e grande porte com estrutura reticulada e cujas malhas estruturais se encontram preenchidas com paredes de alvenaria sobrepostas, os pavimentos, não sendo absolutamente rígidos, podem induzir nas paredes dos primeiros andares, deformações significativamente superiores (da ordem do dobro e do triplo respectivamente para o caso de um edifício de 3 e 6 andares) às que se registam nos pavimentos mais elevados. Para minorar estas deformações excessivas, para além da possibilidade de escolha de elementos de suporte mais rígidos, poderá optar-se por outras medidas tais como: a desfasagem adequada entre o momento da descofragem do suporte e a construção das paredes; o estudo da ordem de construção das paredes dos diferentes pisos, de forma a que os pisos inferiores não sejam demasiado solicitados; a construção das paredes só após a retirada dos prumos de descofragem dos suportes [11].

3 - ACÇÃO CONJUNTA DA PAREDE DE ALVENARIA E DO SEU SUPORTE

Uma das questões que se coloca quando se estuda o comportamento do conjunto painel de alvenaria-viga de suporte diz respeito ao tipo de transmissão de carga do painel para a viga. A distribuição das cargas verticais ao longo do suporte assim como a dos momentos flectores depende, numa primeira análise, da rigidez relativa da viga e do painel de alvenaria; quanto maior a rigidez do suporte, maior é o valor da carga transmitida pelo painel à zona central do vão.

Nylander defendeu que a fracção de carga transmitida pelo pavimento superior depende: da rigidez da parede e do pavimento superior; do valor da retracção e expansão da parede; e da rigidez do suporte da parede. A carga transmitida aumenta sempre que a rigidez da parede aumenta, e é acrescida pela dilatação e diminuída pela retracção da parede. Estas variações poderão atingir os 60 a 75% da carga que seria transmitida na ausência destes fenómenos [5].

Por outro lado, manifesta-se, sob determinadas condições de comportamento da parede e da viga, o efeito de um arco imaginário de compressão nas paredes de alvenaria que, na prática, consiste na transmissão de cargas aos extremos da viga tornando mais reduzidos os valores do momento flector e da flecha a meio vão, comparativamente com os que seriam de registar numa situação de inexistência de acção conjunta. Simultaneamente verificam-se elevados esforços de corte na zona de ligação entre a parede e a viga, de forma tal, que se pode tornar necessária a existência de restrições ao movimento do painel junto aos extremos do suporte, zona onde os esforços são mais elevados. O comportamento conjunto depende, ainda, da capacidade de resistência ao corte que for possível dispor na zona de ligação entre a viga e o painel, em particular nos extremos da viga. Poder-se-á esperar, em maior grau, o efeito do arco de compressão numa parede com relação altura/vão superior a 0,6 [14]. Na avaliação dos factores principais que influenciam o comportamento do conjunto parede-viga têm constituído vias de análise bastante úteis, a realização de estudos experimentais [14] e a utilização de modelos de cálculo numérico com base no método dos elementos finitos [15].

4 - FORMAS DE MANIFESTAÇÃO DAS ANOMALIAS

Os sinais visíveis da deformabilidade excessiva dos suportes das paredes de alvenaria são, regra geral, quer as deficiências de aspecto (curvatura acentuada das vigas e pavimentos) quer, sobretudo, as situações de patologia associadas à fissuração das paredes de alvenaria [1] e, mais raramente, à fendilhação ligeira dos elementos de suporte.

Como atrás se mencionou, as deformações a que estão sujeitas as paredes podem resultar da combinação ou actuação exclusiva de diversas causas. Trata-se de causas relacionadas com fenómenos internos à parede (retracção e expansão, etc), efeitos das deformações térmicas da parede, deformação da estrutura devida a fenómenos de fluência, retracção e variações de temperatura, cargas acidentais, vibrações, choques, etc [5], [8] e [9].

Nas situações em que a causa predominante e decisiva possa ser imputada à deformabilidade excessiva dos elementos de suporte, as situações de fissuração nas paredes ainda podem ser variadas, sendo de destacar três tipos principais de comportamento [6]. Nestes tipos, por simplificação, considera-se como características de distinção, o valor da relação vão/altura da parede e a deformação diferenciada dos pavimentos ou das vigas que confinam superior e inferiormente com a parede. A

possibilidade da ocorrência de deformações desiguais no pavimento (ou viga) superior e inferior leva à transmissão de alguma carga para a parede, e que se pode traduzir na consequente instalação de tensões suficientemente elevadas, capazes de originar fenómenos de fissuração nas paredes.

No primeiro tipo de comportamento, a relação vão/altura é aproximadamente superior a 3,5 e o elemento de suporte inferior (pavimento ou viga) força uma parede divisória paralela ao vão a deformar-se no seu próprio plano acompanhando as deformações do suporte e a absorver, eventualmente, alguma carga do pavimento confinante superior. Para que tal comportamento se verifique, torna-se necessário que a parede não esteja sujeita ao efeito de um impulso passivo (devido a paredes divisórias contíguas), não disponha de aberturas e possua uma rigidez baixa. A partir de determinado limite, manifesta-se uma fissura vertical, em geral, na parte inferior da parede e na sua zona de deformação máxima, assim como fissuras inclinadas de corte nos cantos superiores da parede e, possivelmente, uma fissura de separação entre a parede e o pavimento superior. No caso de uma divisória em consola a fissuração é mais provável na sua zona superior.

No segundo tipo, a relação vão/altura da parede situa-se aproximadamente no intervalo 1,5-3,5, a sua resistência à compressão e limite de deformação são elevados e existem, eventualmente, divisórias contíguas (impulso passivo), reduzidas aberturas, e poucas juntas verticais deformáveis susceptíveis de se oporem ao efeito do arco de compressões já atrás referido. Além disso, o elemento de suporte (pavimento ou viga) deforma-se mais que a parede divisória devido, por exemplo, à inexistência de divisória na mesma prumada do andar inferior ou de uma viga de reforço, podendo formar-se uma fissura de separação entre a parede e o pavimento, assim como fissuras de corte diagonais nos cantos superiores da parede. Se por outro lado, o elemento de suporte superior se deforma mais que a parede, e se esta não dispuser de uma membrana compressível colocada no topo da parede, existirá a tendência de absorção, por parte da parede, de alguma carga transmitida pelo pavimento superior, podendo, então, manifestar-se uma fissura vertical, em geral, na zona inferior da parede, assim como fissuras inclinadas de corte nos cantos superiores da parede.

No terceiro tipo a relação vão-altura é aproximadamente inferior a 1,5, recebendo a parede, em geral, alguma carga do pavimento superior, e transmitindo parte substancial dessa carga, através do efeito de um arco imaginário de compressões, ao pavimento inferior na zona das extremidades do vão. Em consequência, manifesta-se uma fissura vertical, em geral, na zona inferior da parede, assim como fissuras inclinadas de corte nos cantos superiores da parede.

Inquéritos levados a cabo pelo CSTC [11] mostram que, na maior parte dos casos, as fissuras em paredes de alvenaria produzem-se algum tempo após a sua construção. Por isso, considera-se que serão as cargas de longa duração que deverão estar, essencialmente, na origem das anomalias. De entre estas destacam-se: o peso próprio do pavimento, das paredes, e dos restantes acabamentos (chapas, revestimentos do solo, tectos falsos, etc); sobrecarga e em especial a sua parcela de carácter permanente.

As fissuras manifestam-se nas paredes de alvenaria, em geral, algumas semanas após a construção e a sua abertura ultrapassa em muitos casos 1 cm. A estabilização das fissuras é problemática tendo em conta o efeito progressivo do fenómeno, intimamente relacionado com os efeitos de fluência [11].

5 - AVALIAÇÃO DA DEFORMABILIDADE DE PAREDES DE ALVENARIA

Diversos estudos experimentais e analíticos tem sido realizados em vários países, permitindo uma melhor compreensão e interpretação dos diversos comportamentos relacionados com as deformações das construções, nomeadamente do problema da fissuração das paredes de alvenaria devida à deformação excessiva do suporte.

Referem-se, por exemplo, os estudos experimentais realizados pelo CSTC, e que consistiram em ensaios de curta duração [10] e de longa duração [11] de paredes assentes sobre vigas de suporte metálicas sujeitas a uma determinada deformação, imposta com auxílio de macacos hidráulicos e com medição, de seguida, para cada deformada do suporte, dos valores das deformações e tensões em determinados pontos da superfície da parede.

O objectivo dos ensaios de curta duração conduzidos pelo CSTC [10] consistiu na determinação da influência dos principais factores sobre o valor da flecha crítica do suporte da parede. Os valores das flechas de fissuração registados foram relativamente baixos (1/100 a 1/1800). Os valores extremos mais favoráveis foram obtidos no caso de paredes cheias e os mais desfavoráveis no caso de paredes com aberturas laterais.

Nos ensaios de longa duração realizados no CSTB [11], a flecha inicial, correspondente à deformação instantânea teórica do suporte (sujeita ao peso da parede e aos seus acabamentos), foi aplicada por etapas ao longo da construção da parede, tendo-se, de seguida, imposto à viga-suporte uma deformação por patamares similar à que seria devida ao efeito de fluência num suporte-tipo em betão armado (calculada de acordo com as prescrições do CEB), e medido a flecha de longa duração máxima admissível antes da fissuração. O andamento das fissuras foi idêntico aquele obtido no estudo de paredes para uma solicitação de curta duração. As fissuras típicas eram horizontais e produziam-se na zona inferior da parede - zona de concentração de tensões de tracção. A flecha total produzida durante e após a construção da parede de alvenaria variou em torno dos 1/1000. A presença de aberturas em paredes, alterou de certa forma o seu comportamento e a forma das fissuras, sendo então possível uma combinação de vários fenómenos, com a formação, por vezes, de fissuras diagonais irradiando a partir dos cantos dessas aberturas.

Outros ensaios realizados mais recentemente na Universidade de Newcastle [16], embora com objectivo semelhante de estudo da deformabilidade de paredes (devido a assentamentos diferenciais e flexão excessiva do suporte), através da imposição de deformações ao suporte da parede, procuraram simular, simultaneamente, a acção da cobertura através da aplicação de forças no topo das referidas paredes. Ao elemento de suporte (viga de fundação) foi imposta uma deformação, quer de tipo concáva, quer de tipo convexa, através de macacos hidráulicos instalados por baixo da viga. As paredes ensaiadas eram, ou totalmente maciças, ou com a presença de aberturas (janelas e portas).

Em todas as paredes dispôs-se de uma membrana de impermeabilização ao longo da junta argamassada localizada duas fiadas acima da viga de fundação (situação usual em edifícios residenciais de pequeno porte). Os resultados dos ensaios realizados revelaram que as paredes de alvenaria poderiam acompanhar, razoavelmente, as deformações concávas e convexas impostas ao seu suporte (viga de fundação), desde que a alvenaria apresentasse suficiente capacidade resistente nas juntas de ligação entre os blocos. Constatou-se, ainda, a formação, em geral, de uma fissura de separação na zona da membrana de impermeabilização. Verificou-se que, para grandes curvaturas da parede com aberturas, a imposição de uma deformada concáva à parede tornava-a mais susceptível à fissuração (esta localizava-se, em particular, nas juntas verticais), do que de uma deformada convexa.

6 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A LIMITAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES

Conhecem-se diversos documentos com carácter normativo, produzidos por países europeus ou por organizações internacionais, que impõem valores limites para a flecha relativa a/li de elementos estruturais e de suporte, assim como para a relação li/h (li designando o vão equivalente e h a altura da secção).

A regulamentação nacional, em particular o Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP) [17], define que, em relação aos estados limites de deformação, a verificação da segurança poderá limitar-se à consideração de um estado limite definido por uma flecha igual a $1/400$ do vão de elementos horizontais (artº 72º) para combinações frequentes de acções (RSA artº 12º, [18]); refere ainda, que, no caso em que a deformação do elemento afecte paredes divisórias, e a menos que a fendilhação seja contrariada por medidas adequadas, aquela flecha não deve ser tomada com valor superior a 1,5 cm (refira-se que o CEN sugere um valor indicativo de $1/500$ [7] - 4.4.3.1). Saliente-se que o CEB [4] preconiza, no caso de simples verificações de cálculo das deformações (7.5.2.3), uma relação limite (a/li) igual a $1/300$.

O REBAP refere, porém, no comentário ao seu artigo 11º, a inviabilidade de uma definição exaustiva dos estados limites de deformação a considerar no dimensionamento, dado que estes dependem do tipo da estrutura e das condições da sua utilização. Fazendo apelo à norma ISO 4356 [6] (ver quadro-resumo em anexo), o REBAP admite a possibilidade dos parâmetros condicionantes não serem apenas as flechas, mas, igualmente, as rotações ou os deslocamentos horizontais. Recomenda, ainda, que, no projecto de estruturas, se julgue convenientemente o problema para cada caso concreto, estabelecendo as limitações adequadas, atendendo à finalidade da obra, e tendo em conta os condicionamentos especiais que porventura lhe tenham sido especificados.

Este regulamento considera, no entanto, que a verificação da segurança atrás referida fica satisfeita, desde que sejam cumpridas relações entre o "vão equivalente" e a altura dos elementos, prescritas nos seus artigos 89º (vigas), 102º (lajes maciças) e 113º (lajes aligeiradas). Assim, de acordo com o comentário ao art. 89º, as regras estabelecidas nesse artigo resultam da aplicação de hipóteses simplificadas para o cálculo de deformações, considerando em 89.1 uma flecha-vão $a/li = 1/400$ e em 89.3 uma flecha máxima de 1,5 cm, valores estes que são preconizados, para os casos correntes, no art. 72.2; para outros valores limites fixados para a flecha relativa ou absoluta obter-se-ão outras condições para li/h .

No que se refere a disposições normativas existentes noutros países europeus, destacam-se as recomendações do CSTC [2] para os valores admissíveis das deformações para os casos de anomalias em elementos não estruturais adjacentes a elementos sujeitos a deformações ou então suportados por esses elementos (ver quadro-resumo em anexo). Nessas recomendações, consideram-se diversas fases de carregamento a que o elemento de suporte é sujeito: peso próprio; peso próprio e a outras cargas permanentes; peso próprio, outras cargas permanentes e cargas variáveis.

Para concluir, refira-se que o dimensionamento das estruturas em relação aos estados limites últimos tem vindo a possibilitar a escolha de elementos mais esbeltos, por aligeiramento da secção (diminuição da altura), ou seja a diminuição dos custos iniciais da construção. Porém, considera-se necessário ponderar os custos de conservação resultantes de anomalias eventualmente ocorrentes durante o período de utilização da construção e relacionadas frequentemente com a deformação excessiva dos suportes associada à fissuração das alvenarias [11], [3]. Será, pois, necessário estabelecer o nível de fissuração que pode ser admitido para um determinado tipo de acabamento da parede, tendo em devida conta o uso e as acções de conservação previstas para o edifício ao longo da sua

vida útil. Outra via destinada a limitar a referida fissuração consiste na adopção de medidas, quer na fase construtiva, quer no âmbito das acções de conservação, essencialmente com vista a aumentar a capacidade das paredes de absorção dos movimentos impostos [11], destacando-se aqui os seus princípios básicos: dessolidarização das paredes em relação aos suportes superior e inferior; colocação de armaduras nas juntas argamassadas das paredes; criação de juntas de movimento na parede.

Das considerações feitas e das conclusões de estudos experimentais atrás referidos, reforça-se a ideia de que a avaliação das deformações dos elementos de suporte que conduzem à fissuração das paredes de alvenaria passa, para cada caso específico, pelo conhecimento tão aproximado quanto possível da capacidade de deformação, condições de execução e ligação à estrutura das paredes de alvenaria, e pela consideração dos resultados da experiência de observação do comportamento de edifícios, para que se possa, efectivamente, equacionar as medidas mais adequadas de conservação dos edifícios.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION - *La fissuration des maçonneries*. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique n° 65, Mars 1967.
- [2] - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION - *Deformations Admissibles dans le bâtiment*. Bruxelles, CSTC, Septembre 1980, Note d'Information Technique 132.
- [3] - COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. *Manuel de calcul: Fissuration et deformations*. Paris, CEB. Bulletin d'Information 143, 1981.
- [4] - COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. *CEB - FIP Model Code (Final draft)*. Paris, CEB, 1990.
- [5] - COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON - *Manuel C.E.B. sur les deformations, deuxième partie: Pathologie des excès de déformation (project)*. Bruxelles, Juin, 1973.
- [6] - ORGANIZATION INTERNATIONALE DE NORMALIZATION (ISO). *Bases du calcul des constructions - Déformations des bâtiments à l'état limite d'utilisation*. Genève, ISO, 1977. Norme ISO 4356.
- [7] - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN) - *Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1 (european prestandard)*. Brussels, CEN, 1991.
- [8] - PAIVA, J. V. ; CARVALHO, E. C. ; CAVALEIRO E SILVA, A. - *Patologia da construção. Documento introdutório do tema 3 do 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de habitação*. Lisboa, LNEC, Junho 1986.
- [9] - PFEFFERMAN, O. - *Les fissures dans les constructions conséquences de Phénomènes Physiques Naturels*. Annales de l'I.T.B.T.P, Paris, 250, octobre 1968.
- [10] - PFEFFERMAN, O. - *Fissuration des cloisons en maçonnerie due à une déformation excessive du support. Étude expérimentale*, CSTB - revue, Bruxelles, n° 3, mai-juin 1969.
- [11] - PFEFFERMAN, O.; PATIGNY, J. J. - *Fissuration des cloisons en maçonnerie due à une déformation excessive du support*. CSTC- revue, Bruxelles, n° 4, Déc. 75.

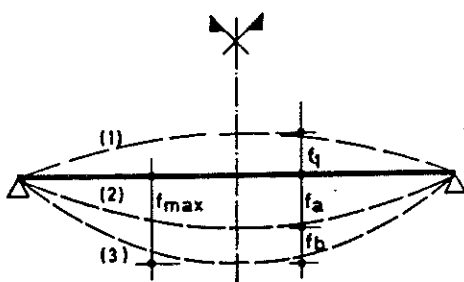
- [12] - **MAYER, H. ; RUSCH, H. - Damage to buildings resulting from deflection of reinforced concrete members.** Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton, Heft 193, Berlin 1967.
- [13] - **NYLANDER, H.; ERIKSSON. Iverkan av deformationer i vagger pa bijalklaglaster och bijalklagsdeformationer vid flervanings hus.** Stockholm, Institution for bijggnadsstatik n° 25, 1958.
- [14] - **BURHOUSE, P. - Composite action between brick panel walls and their supporting beams.** Building Research Station, BRS CP2/70, Watford, Herts. 1969.
- [15] - **STAFFORD SMITH, B. ; RIDDINGTON, J.R. - The composite behaviour of elastic wall-beam systems.** Proceedings of Instn. Civ. Engrs, vol. 63, pg. 377-391, .
- [16] - **PAGE A.W. ; KLEEMAN , P.W.; BRYANT, I. - Development of serviceability criteria for masonry structures - A preliminary report.** Proceedings of the Sixth North American Masonry Conference, vol. I, pg. 185-198.
- [17] - **PORTUGAL. Leis, decretos-leis, etc - Regulamento de estruturas de betão armado e Pré-esforçado (REBAP).** Decreto-lei n° 349 - C/83, de 30 de Julho. Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, EP. 1985.
- [18] - **PORTUGAL. Leis, decretos-leis, etc - Regulamento de solicitações em Edifícios e Pontes (RSA).** Decreto-lei n° 235/83, de 31 de Maio de 1983. Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, EP. 1985.

ANEXO

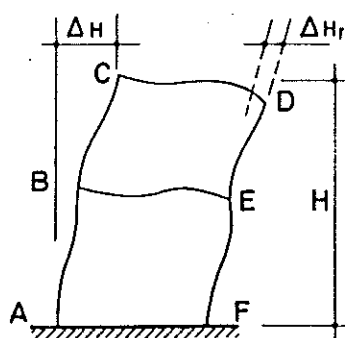
VALORES LIMITES DA DEFORMAÇÃO DE ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO (ISO 4356) [6]				
Tipo de deformação	Formulação do problema Elementos horizontais (vigas e pavimentos) e verticais (pilares e paredes resistentes)		Valores limite (L - vão) (H - altura)	
	Ações a considerar	Critérios limite	Δf_{max} (el.hor.)	ΔH (el.ver)
1) Deformações que afectam a resistência e a estabilidade (rotação de pavimentos e coberturas)	Carga permanente, variável e assentamento diferencial.	Critério limite determinado pela flecha média do pavimento ou de um elemento da cobertura.	L/300	
2) Deformações que conduzem à fissuração de paredes, em diagonal, de toda a extensão do corpo (assentamento diferencial)	Peso próprio e outras consequências a longo prazo da acção da gravidade.	Critério limite determinado pela flecha da extremidade do elemento horizontal	L/500	
3) Deformações que conduzem a fissuras de separação na zona superior da parede divisória (esta acompanha o movimento do pavimento de suporte)	Carga permanente, variável e efeitos da temperatura e da humidade.	Critério limite determinado pela flecha média do pavimento, cujo valor exprime a importância da curvatura da parede no seu plano. E depende do seu limite de deformação por tracção. No caso de consolas deverá ser a flecha da sua extremidade	entre L/300 e L/500	
4) Deformações que conduzem a fissuração horizontal na zona inferior da parede divisória (pavimento de suporte sujeito a deformação excessiva)	Carga permanente, variável e efeitos da temperatura e da humidade.	Critério limite determinado pela flecha média do pavimento, cujo valor exprime a tendência da parede para arquear.	10 mm	
5) Deformações que conduzem ao esmagamento da zona superior da parede divisória (deformação excessiva do pavimento sobrejacente ou da cobertura)	Carga permanente, variável e efeitos da temperatura e da humidade.	Critério limite determinado pela flecha média do pavimento sobrejacente, cujo valor exprime a tendência em relação ao esmagamento da parede.	de 10 mm a 15 mm	
6) Deformações que conduzem à fissuração em diagonal de um extremo ao outro da parede divisória	Acção do vento.	Critério limite determinado pela flecha da extremidade dos elementos verticais.		H/500
7) Deformações que afectam o aspecto exterior	Desvios dimensionais de construção, carga permanente, variável e efeitos da temperatura e da humidade no caso de elementos horizontais. No caso de elementos verticais: desvios dimensionais de construção, assentamento diferencial, forças excêntricas ou inclinadas associadas ao peso próprio ou a cargas impostas.	Critério limite determinado pelo desvio dimensional médio de um elemento (ou das suas partes visíveis).	o menor entre L/250 e 30 mm	H/250
8) Deformações que afectam paredes portantes (sustentação de pavimentos sujeitos a flecha excessiva)	Carga permanente, variável, acção do vento, efeitos da temperatura e da humidade e assentamentos diferenciais.	Critério limite determinado pela flecha da extremidade dos elementos horizontais (pavimentos suportados pelas paredes).	L/100	

VALORES LIMITES DA DEFORMAÇÃO DE ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO (CSTC [2])								
Desempenho pretendido	ELEMENTOS HORIZONTAIS (Pavimentos)				ELEMENTOS VERTICAIS (Pilares)			
	f_a	f_b	f_c	f_{max}	ΔH_r	ΔH	ΔV_r	
1) Integridade das divisórias								
	a) com aberturas	L/250	L/1000			4 mm	H/500	L/300
	b) idem mas com disposições cautelares	L/250	L/500			4 mm	H/500	L/300
	c) sem aberturas	L/250	L/500			4 mm	H/500	L/300
	d) divisórias amovíveis	L/250	L/250			4 mm	H/500	L/150
2) Integridade dos tectos								
	a) revestidos	L/250	L/350					
b) não revestidos	L/250	L/250						
3) Integridade das fachadas de vidro								
	a) com regularização	L/250	L/1000					
b) sem regularização	L/240	L/500						
4) Exigências de aspecto								
	a) caso geral				L/300 30 mm	H/250		L/250
b) consola					15 mm			
5) Adaptação à utilização								
	a) utilização normal				L/300	H/200	L/800	
	b) pavimentos sujeitos a vibração (ginásios, etc.)							
b1) betão armado			L/700					
b2) aço e madeira			L/1200					
6) Ausência de danos fisiológicos e psicológicos			L/350			H/500		

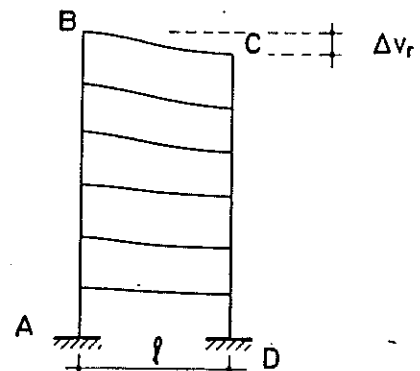
- Contraflecha f_1 - deslocamento de sentido contrário ao deslocamento produzido pela carga de serviço;
- Flecha f_a - deformação instantânea e diferida produzida pelas cargas aplicadas antes da colocação dos acabamentos e convenientemente subtraída da contraflecha eventual f_1 ;
- Flecha f_b - deformação instantânea e diferida produzida pelos acabamentos e cargas ulteriores, mais o suplemento da deformação diferida derivado do efeito das acções aplicadas antes dos acabamentos;
- Flecha f_c - flecha de um pavimento não carregado e sujeito às cargas de exploração móveis;
- Flecha máxima f_{max} - flecha sob acção de todas as cargas, permanentes e variáveis e sendo convenientemente incluído o efeito de longa duração (fluência e retracção).



2º ENCORE



796



LNEC, 1994