

Avaliação das deformações da zona em redor de juntas de argamassa de paredes de alvenaria sujeitas a fendilhação devido a acções de compressão vertical



José Luís Miranda Dias/
Investigador Auxiliar do
LNEC/DED-NTC
e-mail: mirandadias@lneec.pt

Resumo:

As paredes de alvenaria de preenchimento de edificios com estrutura reticulada de betão armado estão sujeitas a diversas acções, entre as quais se salientam as relacionadas com cargas verticais excessivas aplicadas que provocam deformações acentuadas e fendilhação nos elementos de alvenaria, em particular, nas juntas de argamassa verticais e de assentamento dessas paredes. Tal traduz-se, em muitos casos, na necessidade de acções de reparação e de reabilitação, com elevados custos, destinadas a resolver as conseqüentes anomalias, das quais se destaca o surgimento de eventuais infiltrações de água da chuva ao longo da fendilhação ocorrente nessas juntas.

Nesta comunicação são discutidos alguns dos factores que influenciam as características de deformação e de resistência de juntas de argamassa e de blocos de alvenaria sujeitos a carga vertical. Analisam-se algumas questões relacionadas com a fendilhação de paredes de alvenaria ocorrente, em particular, ao longo de juntas de argamassa. Descrevem-se os resultados de estudos experimentais efectuados sobre provetes de alvenaria de blocos de betão leve sujeitos a compressão vertical, designadamente os relativos às deformações registadas nas zonas em redor das juntas de argamassa verticais e de assentamento. Finalmente, descrevem-se, sumariamente, algumas soluções possíveis de reforço das juntas de argamassa de paredes com vista ao controlo da fendilhação e limitação da deformação dessas juntas.

Palavras-chave: paredes de alvenaria, blocos de betão leve, juntas de argamassa

1. INTRODUÇÃO

Os blocos de alvenaria estão interligados através de juntas de argamassa que constituem planos de menor resistência e de elevada deformabilidade. As paredes de alvenaria

exercem, em geral, funções não-portantes de preenchimento das malhas estruturais. Porém, estas paredes dispõem de uma apreciável capacidade resistente em relação a cargas verticais. Com o acréscimo gradual da carga absorvida, os valores das deformações nessas paredes evoluem até determinados limites, a partir dos quais se manifestam fenómenos de fendilhação nas mesmas. Trata-se de casos frequentes de ocorrência de fendilhação nos revestimentos das paredes, bem como nos respectivos blocos de alvenaria e nas juntas entre estes, que se podem traduzir em deficientes situações no que se refere ao aspecto estético, ao isolamento acústico e à estanquidade ao ar e à água da chuva (no caso de paredes exteriores) da construção.

Na realidade, tem-se verificado um número crescente de situações de patologia de paredes de alvenaria de edifícios recentes relacionadas com a compressão excessiva destas, o que justifica um estudo mais aprofundado desta questão, no sentido de obter uma melhor compreensão dos principais factores em jogo e adoptar medidas de prevenção em relação à ocorrência dessas situações.

Nesta comunicação, analisam-se algumas questões relacionadas com a fendilhação de paredes de alvenaria ocorrente, nomeadamente ao longo de juntas de argamassa. Discutem-se alguns dos factores que influenciam as características de deformação e de resistência de juntas de argamassa e de blocos de alvenaria sujeitos a carga vertical. Descrevem-se os resultados de estudos experimentais efectuados no LNEC, sobre provetes de alvenaria de blocos de betão leve sujeitos a compressão vertical, analisando-se o caso particular de blocos de betão celular autoclavado. Os resultados referem-se ao registo dos valores das deformações, em função do nível de carga vertical aplicada ao provete, nas zonas em redor das juntas de argamassa verticais e de assentamento. Finalmente, descrevem-se, sumariamente, algumas medidas com vista ao controlo da fendilhação e à limitação das deformações dessas juntas.

2. COMPORTAMENTO DAS ALVENARIAS E DAS RESPECTIVAS JUNTAS DE ARGAMASSA

2.1- Anomalias em paredes relacionadas com deficiências de comportamento das respectivas juntas de argamassa

As anomalias em paredes de alvenaria relacionadas com deficiências de comportamento das respectivas juntas de argamassa, especialmente com sua fendilhação, derivam, em grande parte, do insucesso em garantir a limitação da referida fendilhação, através da adopção de medidas na fase construtiva ou no âmbito das acções de conservação, essencialmente com vista a aumentar a capacidade das paredes de absorção das deformações ocorrentes. Trata-se da utilização de argamassas, nas referidas juntas, com baixa capacidade de deformação e inadequado poder de retenção de água face às características de absorção dos blocos com os quais confinam.

A referida fendilhação pode resultar de uma única causa ou da combinação de diferentes causas, sendo de destacar algumas situações ilustrativas do atrás referido: escolha de argamassas com tensões de rotura à compressão e flexão muito distintas das dos blocos e com deficientes características de aderência aos mesmos; utilização de argamassas muito fortes (como no caso particular das argamassas com elevada dosagem de cimento), com elevada probabilidade associada de fendilhação face a movimentos impostos às paredes e sujeitas a significativos fenómenos de retracção, ou, em oposição, a utilização de

argamassas fracas, às quais se atribuem, em regra, deficientes características de durabilidade (o EC6 – 3.2.2.1 (3), [5], preconiza a utilização, em geral, de argamassas, no caso das convencionais, da classe M1 a M5 – f_{ck} entre 1 MPa e 5 MPa).

2.2 Aspectos gerais sobre o comportamento mecânico das juntas de argamassa e a sua interacção com os blocos

A capacidade resistente e a deformabilidade das alvenarias dependem das características mecânicas individuais dos elementos constituintes, blocos e juntas de argamassa, bem como da interacção mútua entre esses elementos.

No que se refere à capacidade de resistência das alvenarias a cargas verticais, convirá salientar que diversos estudos anteriormente realizados referem a relação de dependência existente entre o valor da resistência à compressão uniaxial obtido em ensaios de prismas e de provetes de alvenaria de blocos e os valores da resistência à compressão dos seus elementos constituintes (essa forma de relação acabou por ser explicitamente considerada no EC6, 3.6.2, [5]). Com efeito, devido, em grande parte, à diferença geralmente existente entre a capacidade de resistência dos blocos e a das juntas de argamassa, a resistência à compressão da alvenaria tem, usualmente, um valor substancialmente diferente do correspondente valor observado nos blocos.

Por outro lado, com o aumento do valor da resistência dos blocos e da argamassa verifica-se, um crescimento do valor da resistência à compressão uniaxial da alvenaria, sendo este valor, mais reduzido que o valor correspondente da resistência dos blocos [1]. Tendo em conta que, no caso dos elementos de alvenaria ficarem sujeitos a compressão vertical, se pode gerar nas juntas de argamassa um estado de tensão de compressão triaxial, existe a possibilidade de obtenção de um valor da resistência à compressão uniaxial da alvenaria mais elevado do que o valor da resistência à compressão uniaxial individual da argamassa, já que esta última é, em geral, inferior à respectiva resistência à compressão triaxial [2], [9].

O material constituinte dos blocos maciços de alvenaria apresenta um comportamento do tipo elástico e frágil, e, em grande parte dos casos, pode ser considerado homogéneo e isotrópico, embora devido ao processo de fabrico possa evidenciar um carácter de relativa anisotropia. A observação do modo de rotura no ensaio de compressão uniaxial de prismas de alvenaria de blocos cerâmicos permite concluir que o surgimento das primeiras fendas ocorre, predominantemente, nos blocos, verificando-se que estas fendas se desenvolvem na face lateral do prisma, sensivelmente na direcção vertical [1].

Os resultados dos referidos ensaios de compressão de prismas de alvenaria sugerem que, sob determinadas condições, com a utilização de argamassas mais resistentes pode-se atingir um valor mais elevado da tensão de rotura local dos blocos [1]. Com efeito, para blocos de materiais do tipo frágil, com a redução das tensões laterais de tracção assiste-se, em geral, a um acréscimo da resistência à compressão dos blocos na direcção vertical. E, inversamente, incrementando as tensões laterais de tracção nos blocos, induzidas pela deformação de argamassas menos resistentes, e por conseguinte mais flexíveis, reduz-se a capacidade resistente à compressão vertical dos blocos.

Para determinadas situações especiais pode-se estudar o comportamento do material das juntas, sob ponto de vista da sua evolução durante a fase de fendilhação, até se atingir a rotura franca provocada pela imposição de determinados estados de tensão. Trata-se da possibilidade de roturas por escorregamento, lasqueamento, esmagamento, e de roturas

combinadas por esmagamento/tracção. O tipo de comportamento que o material da juntas apresenta no decorrer da progressiva modificação do seu estado de tensão ponto a ponto, culminando com a sua rotura final, determina, como vulgarmente se considera, um comportamento que se pode classificar entre o dúctil e o frágil.

3. ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE PROVETES DE ALVENARIA SUJEITOS AO ENSAIO DE COMPRESSÃO

3.1 – Generalidades

Pretende-se descrever os ensaios efectuados no âmbito de um estudo de investigação do comportamento conjunto parede-viga [6], [8], [9], e, em particular, relacionados com a determinação das características de deformação e de resistência de paredes de blocos de betão leve sujeitos a compressão vertical, sendo aqui analisado o caso específico dos blocos de betão celular autoclavado.

A avaliação do valor da resistência à compressão vertical das alvenarias, f_k , através do ensaio de compressão de paredes com dimensões reais constitui um processo pouco exequível de obtenção desse parâmetro tanto do ponto vista da sua execução, como da sua economia. Na regulamentação europeia (Eurocode 6, [5]), prevê-se a determinação do valor da resistência à compressão f_k com base numa relação empírica cujos factores dependem, fundamentalmente, dos resultados obtidos no ensaio de compressão uniaxial de blocos e de argamassas constituintes da parede de alvenaria em estudo, ou com base no ensaio de provetes de alvenaria de acordo com a EN 1052-1 (Methods of test for masonry – Part 1: Determination of compressive strength). Neste último ensaio, caso se pretenda, é possível obter informação mais pormenorizada (através de medições adicionais), sobre as características de deformação dos provetes de alvenaria sujeitos à compressão, que permite indiciar os aspectos relevantes do comportamento em termos de deformação das alvenarias reais.

No que respeita às condicionantes deste ensaio, existe um elevado número de factores que se julga poderem exercer influência, particularmente, sobre a carga de rotura e as deformações dos provetes. Muito embora não caiba aqui desenvolver estes aspectos em pormenor, merece a pena destacar alguns dos factores mais significativos: a geometria do provete; a presença de defeitos; o fenómeno da restrição dos pratos; o material de capeamento dos provetes, o teor em água; velocidade de aplicação da carga [4]. A minimização dos efeitos negativos da ocorrência destes fenómenos passa pela adopção de medidas preventivas na fase de preparação e durante a fase de realização dos ensaios.

Convirá referir que, de uma forma geral, um material frágil como a alvenaria sujeito a compressão vertical, e sem a influência da restrição dos pratos, expande lateralmente, de modo quase uniforme, até que a existência de elevadas tensões de tracção lateral, ao longo das zonas de surgimento das fendas, provoca a sua rotura na direcção vertical. Porém, verifica-se o efeito de restrição exercida pelas peças de aplicação da carga na zona do contorno superior e inferior do provete, que se traduz, na prática, pela indução, nas respectivas faces superior e inferior, de tensões de corte, que se adicionam às tensões de compressão vertical devidas, essencialmente, à carga transmitida ao provete. Produz-se uma relativa "cintagem" do provete, que pode conduzir a uma deficiente avaliação do valor da carga de rotura, em geral, por sobrestimação desse valor.

3.2 - Descrição geral dos provetes de alvenaria

No presente estudo, executaram-se dois provetes de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado, PX1 e PX2, com dimensões totais aproximadas de 900 x 150 x 1000 mm. Utilizaram-se, na confecção dos provetes, blocos com dimensões aproximadas de 600 mm (comp.) x 200 mm (alt.) x 150 mm (esp.). Na execução dos provetes teve-se em conta a prática corrente de construção de alvenarias com blocos deste tipo. Em particular, utilizou-se, nas juntas de assentamento dos blocos, uma argamassa cola para juntas delgadas, e executaram-se juntas verticais secas (não preenchidas) obtidas por encaixe dos blocos (estes dispõem de perfis macho e fêmea nas faces de topo).

Os provetes apresentavam cinco fiadas de um bloco e meio em cada, e dispunham de juntas verticais desencontradas de meio bloco (ver fig 1). A tensão média de rotura à compressão e à tracção por flexão dos blocos de betão celular autoclavado e da argamassa-cola utilizada no preenchimento das juntas dos provetes de alvenaria PX1 e PX2, apresentaram valores, respectivamente, da ordem de 3,9 MPa e 1,3 MPa (blocos) e de 8,2 MPa e 3,2 MPa (argamassa).

3.3 – Descrição geral do ensaio dos provetes de alvenaria de blocos de betão celular

Os provetes de alvenaria foram ensaiados numa prensa de compressão, sendo esta equipada com uma placa de distribuição de carga cuja rigidez se julga suficiente para assegurar deslocamentos uniformes no topo e na base das superfícies do provete sujeito a carga.

Entre a face superior dos provetes e os pratos da máquina de compressão intercalaram-se placas de cartão prensado para uma melhor distribuição da carga. Em cada provete, a carga foi incrementada por patamares até se atingir a rotura do provete, registando-se a respectiva carga máxima. Durante o ensaio realizou-se um conjunto de medições das deformações e o registo das cargas associadas aplicadas aos provetes. Assim, efectuou-se a medição, com alongâmetro (base 400 mm – fig. 1a e 1b), das deformações verticais e horizontais em ambas as faces dos provetes PX1 e PX2 (ver na figura 2 o esquema da numeração dos pontos de medição que são adiante referidos nos quadros 1 e 2).

O processo de aplicação da carga (velocidade de aplicação de carga) foi, numa primeira fase do ensaio, estabelecida por controlo da força aplicada (taxa constante de força), sendo a fase final do ensaio regulada por uma taxa de deformação constante.

Pretendeu-se, igualmente, estimar o valor do módulo de elasticidade secante entre a origem e cerca de 1/3 do valor da rotura, calculado através da média das leituras da deformação vertical efectuada nas duas faces do provete (ver quadro 3).

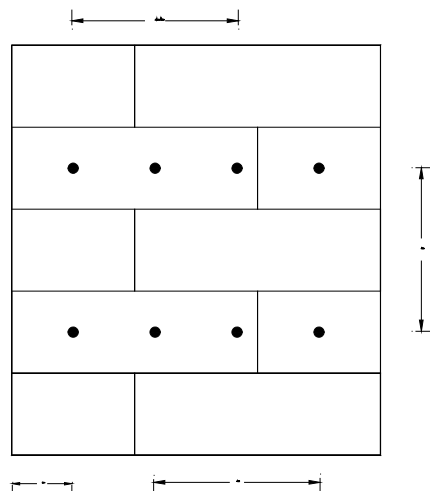


Figura 1a - Esquema gráfico dos provetes PX1 e PX2 e dos pontos de medição (base de medida do alongâmetro = 400 mm – valor igual ao das cotas horizontais (na zona superior e inferior da figura) e vertical (zona lateral direita da figura) representadas na figura e correspondentes à distância entre pontos de medição, sendo a cota horizontal, representada na zona inferior esquerda da figura, correspondente à distância da face do provete ao ponto de medição extremo, igual a 150 mm; dimensões do provete: comp=900mm; alt=1000mm; esp=150mm)

Figura 1b - Aspecto do provete de alvenaria de blocos de betão celular autoclavado PX2 no ensaio de compressão vertical

Descrevem-se, nos quadros 1 e 2, os principais resultados do ensaio de compressão vertical dos provetes de alvenaria. Apresentam-se, nesses quadros, os valores das cargas e das deformações relativas aos patamares de carga do ensaio dos provetes de alvenaria PX1, PX2 (obtidos com base nas medições com alongâmetro), sujeitos a uma carga crescente até à sua rotura, bem como a carga máxima correspondente à fase de rotura.

Refira-se que o valor médio da máxima tensão que se registou nos dois provetes, poderá constituir, um valor indicativo da resistência à compressão f_k das respectivas paredes de alvenaria (EC6, [5]).

3.4 - Resultados principais dos ensaios dos provetes de alvenaria

No ensaio de compressão vertical realizado sobre os provetes de alvenaria PX1 e PX2, o valor da tensão de rotura situou-se, respectivamente, em cerca de 2.0 MPa e 1.9 MPa (ver. quadros 1 e 2). No quadro 3, apresenta-se o resumo dos resultados do ensaio dos dois provetes. Apresentam-se, ainda, nas figuras 3 e 4, os valores adimensionais das deformações médias verticais e horizontais, em função do valor adimensional da carga aplicada, calculados com base nos resultados do ensaio dos provetes PX1 e PX2.

Verifica-se que, numa fase inicial de carga, as deformações horizontais e verticais nos provetes PX1 e PX2 apresentam valores próximos. Numa fase adiantada da carga

aplicada, as deformações horizontais crescem de forma mais acentuada que as deformações verticais. Constata-se, ainda, que a deformação vertical, numa fase inicial do ensaio, apresenta valores mais elevados na zona central do provete, comparativamente com os registados na zona próxima da face lateral direita e esquerda (ver quadro 2). Com o aumento da carga, no decorrer do ensaio, foi surgindo fendilhação, em geral, quase vertical nos provetes. Apresenta-se, em esquema gráfico, a situação de fendilhação dos provetes PX1 e PX2 após se atingir a carga máxima (figs. 2 e 5).

Quadro 1 - Deformações verticais e horizontais médias do provete PX1 (Média das medições nas Faces A e B, mm/m *).**

CARGA (MPa)	dv1 (1-5)	dv2 (2-6)	dv3 (3-7)	dv4 (4-8)	dh1 (1-3)	dh2 (2-4)	dh3 (5-7)	dh4 (6-8)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.278	-0.17	-0.24	-0.20	-0.18	0.19	0.09	0.06	-0.01
0.556	-0.37	-0.44	-0.40	-0.38	0.24	0.14	0.08	-0.02
0.833	-0.56	-0.64	-0.60	-0.60	0.26	0.18	0.08	-0.03
1.111	-0.75	-0.84	-0.79	-0.79	0.31	0.22	0.09	-0.01
1.389	-0.95	-1.06	-1.03	-1.04	0.35	0.29	0.15	0.03
1.667	-1.16	-1.27	-1.24	-1.26	0.40	0.35	0.17	0.06
1.944	-1.42	-1.58	-1.54	-1.56	0.49	0.47	0.24	0.20
2.011								
1.778	-1.22*	-1.58*	-1.84*	-1.19*	0.39*	0.96*	0.14*	0.78*

* medição efectuada apenas na face A

** valor da tensão máxima aproximada igual a 2.011 MPa (carga vertical de 362 kN)

valores entre 0-300 kN (taxa de carga constante de 50 kN/min); valores > 300 kN (taxa de deformação constante de 0.15mm/min)

*** leitura com alongâmetro de base 400 mm (compressão-negativo; tracção-positivo); deformações verticais (dv) e horizontais (dh)

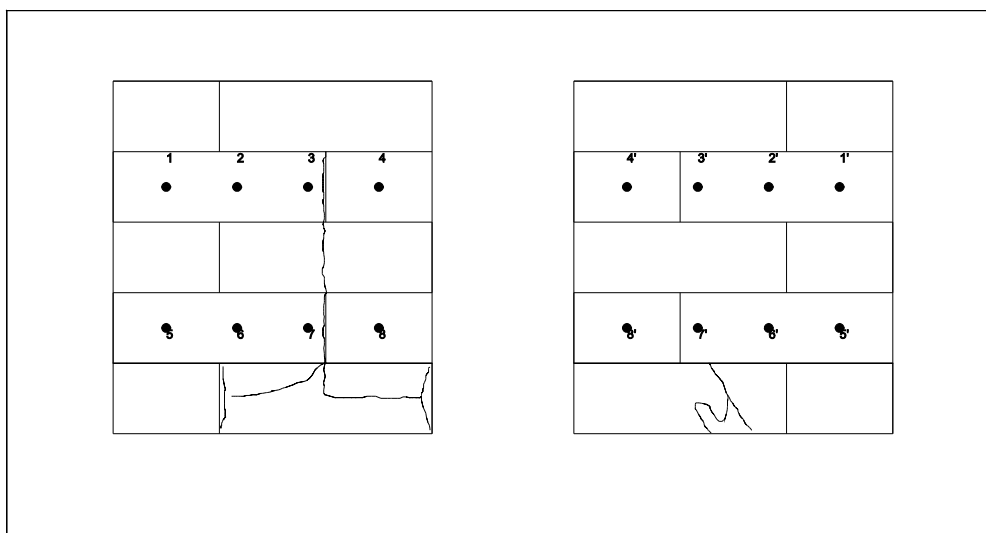


Figura 2 - Esquema gráfico do provete PX1 após a rotura no ensaio de compressão vertical (face A e face B, respectivamente, à esquerda e à direita da figura)

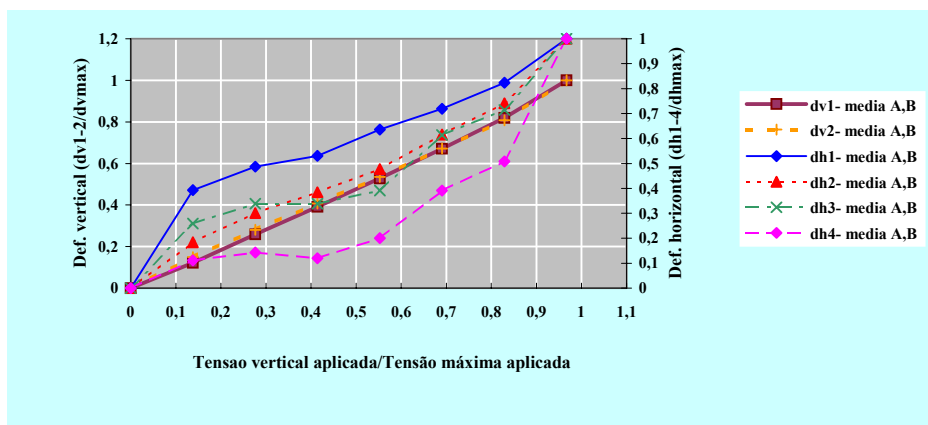


Figura 3 - Valores adimensionais das deformações médias verticais (em 1 e 2 – média da face A e B / deformação máxima vertical) e horizontais (1, 2, 3 e 4 - média da face A e B/deformação máxima horizontal), em função do valor adimensional da carga aplicada no ensaio de compressão vertical do provete PX1.

Quadro 2 - Deformações verticais e horizontais médias do provete PX2 (Média das medições nas Faces A e B, mm/m **).

CARGA (MPa)	dv1 (1-5)	dv2 (2-6)	dv3 (3-7)	dv4 (4-8)	dh1 (1-3)	dh2 (2-4)	dh3 (5-7)	dh4 (6-8)
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.278	-0.13	-0.29	-0.28	-0.18	0.03	0.03	0.03	0.08
0.556	-0.22	-0.55	-0.55	-0.39	0.06	0.07	0.06	0.16
0.833	-0.32	-0.82	-0.83	-0.64	0.10	0.12	0.10	0.22
1.111	-0.41	-1.20	-1.11	-0.86	0.40	0.12	0.28	0.26
1.389	-0.59	-1.55	-1.36	-1.07	0.47	0.14	0.30	0.30
1.667	-0.85	-1.84	-1.61	-1.28	0.53	0.17	0.29	0.35
1.944	-1.15							

* valor da tensão máxima aproximada igual a 1.944 MPa (carga vertical de 350 kN)

valores entre 0-300 kN (taxa de carga constante de 50 kN/min); valores > 300 kN (taxa de deformação constante de 0.15mm/min)

** leitura com alongâmetro de base 400 mm (compressão-negativo; tracção-positivo); deformações verticais (dv) e horizontais (dh)

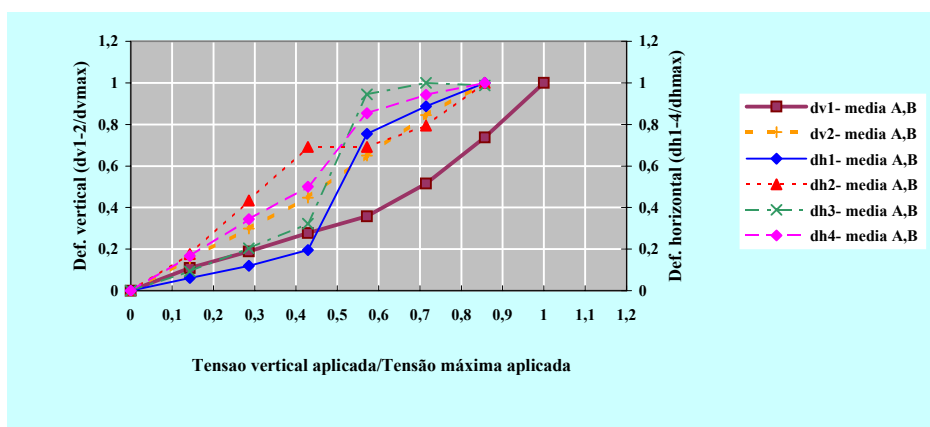


Figura 4 - Valores adimensionais das deformações médias verticais (em 1 e 2 – média da face A e B/deformação máxima vertical) e horizontais (1, 2, 3 e 4 - média da face A e B/deformação máxima horizontal), em função do valor adimensional da carga aplicada no ensaio de compressão vertical do provete PX2.

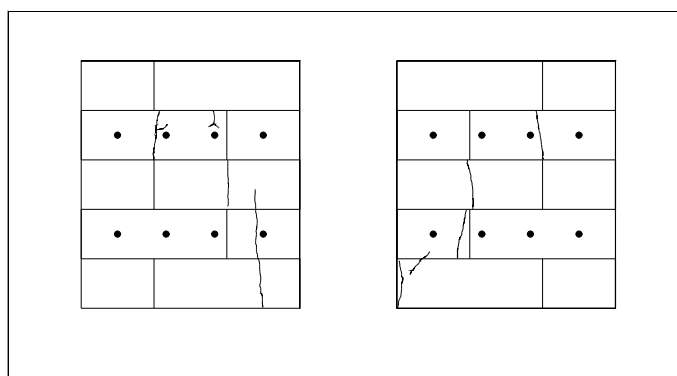


Figura 5 - Esquema gráfico do provete PX2 após a rotura no ensaio de compressão vertical (face A e face B, respectivamente, à esquerda e à direita da figura)

Quadro 3 - Resumo dos resultados do ensaio de compressão dos provetes de blocos de betão celular autoclavado para alvenaria, PX1 e PX2

Provete	DIMENSÕES DO PROVETE			CARGA NORMAL MÁXIMA		TENSÃO MÁXIMA E MÓDULO DE ELASTICIDADE		DEFORMAÇÃO DE ROTURA MÉDIA **	
	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Secção de rotura (cm ²)	Carga normal (kN)	Tensão máxima f_v (MPa)	Módulo Elast. E_v * (MPa)	Deform. vertical ϵ_{vm} (mm/m)	Deform. horiz. ϵ_{Hm} (mm/m)
	L1	B1	H1						
PX1	900	15	1000	1350	362	2.01	1375	-1.52	0.48
PX2	900	15	1000	1350	350	1.94	1230	-1.39	0.35

* O módulo de elasticidade foi calculado para uma tensão de compressão de cerca de 1/3 do valor de rotura

**Considera-se que os valores da deformação de rotura correspondem ao último patamar de carga antes da rotura

3.5 – Aspectos relevantes do comportamento dos provetes e paredes de alvenaria sujeitas a compressão vertical

Afigura-se que os resultados dos ensaios atrás descritos podem revelar alguns dos traços fundamentais do comportamento das juntas das alvenarias reais face a cargas de compressão vertical, designadamente no que se refere à avaliação das respectivas deformações. De facto, os valores das deformações horizontais e verticais fornecem indicações sobre os valores, até à fase de rotura dos provetes, das deformações das zonas ao redor das juntas, em especial nas de assentamento, já que se admite que as deformações nas juntas argamassadas (que são apenas as de assentamento uma vez que as verticais são secas), para cargas elevadas aplicadas, deverão ser apreciavelmente superiores às que se verificam nos blocos.

Como atrás se referiu a rotura nos provetes ocorreu após a sua fendilhação progressiva. Admite-se que o mecanismo básico de rotura responsável por este tipo de comportamento da alvenaria sujeita a cargas verticais, deriva, fundamentalmente, do facto das características de deformação da argamassa e dos blocos serem distintas entre si, verificando-se, em geral, que o valor do módulo de elasticidade da argamassa é inferior ao valor correspondente dos blocos. No entanto, em casos como o presente (blocos de betão celular), esse valor deverá ser sensivelmente próximo do dos blocos, para cargas aplicadas baixas ou médias. Porém, para valores elevados da carga vertical aplicada, admite-se que a argamassa da junta de assentamento, por se tornar mais flexível que os blocos, ao expandir-se sob acção da carga, passa a ficar fortemente constringida por esses blocos, devido à sua ligação por aderência e aos fenómenos de fricção com estes últimos. Pode-se gerar, deste modo, um estado de tensão interno, aproximadamente caracterizado pela compressão triaxial da argamassa, e pela compressão axial e tracção bilateral do bloco [1].

Saliente-se que, no ensaio sobre o provetes PX1, as deformações verticais foram crescendo gradualmente, quase sem bruscas alterações (presumivelmente em resultado do crescimento das deformações nas juntas de argamassa), enquanto que as deformações horizontais, embora crescendo também de forma contínua mas ligeira, a partir de um certo nível de carga, registaram uma sensível variação da respectiva taxa de crescimento, acompanhada pela quebra do valor da rigidez vertical (fig. 6), devido a presumível fendilhação dos blocos sujeitos a tracção bilateral.

Em termos gerais, convém referir que, no estudo do comportamento da alvenaria, pode-se adoptar a via de análise separada do comportamento dos blocos e da argamassa, quer do ponto de vista analítico quer experimental, tendo em vista a posterior elaboração de modelos globais de comportamento construídos com base nos modelos de comportamento dos elementos constituintes. E, através destes modelos globais, pode-se avaliar o estado de tensão e de deformação nos materiais constituintes da alvenaria, em particular, nas juntas de argamassa [3].

Para o material dos blocos, assim como para as juntas verticais e horizontais da alvenaria pode-se assumir um comportamento não linear [3]. No modelo de junta, o critério de rotura pode, em geral, ser formulado em termos de uma relação limite do tipo linear entre a tensão de compressão na junta e a tensão de corte (relação de “Coulomb”).

Não se pretendendo aqui relacionar de forma exaustiva os resultados dos ensaios com as características de resistência das argamassas e dos blocos e explicar em detalhe os mecanismos de rotura da alvenaria, julga-se que se evidenciou a significativa influência

das características de deformação das juntas de argamassa sobre o comportamento da alvenaria na fase de fendilhação e de rotura.

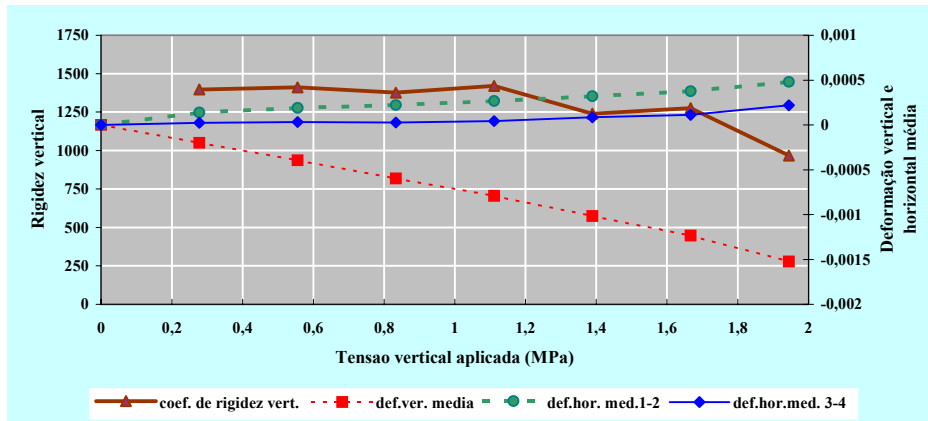


Figura 6 – Deformação vertical média, deformação horizontal média (1-2 e 3-4) e rigidez vertical (valor da rigidez dado por $(\sigma_{ii}-\sigma_i)/(\epsilon_{ii}-\epsilon_i)$, entre o patamar de carga i e o seguinte ii) no ensaio do provete PX1.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para minorar o efeito negativo das ações de compressão excessiva sobre paredes de alvenaria, nomeadamente traduzido na ocorrência de fendilhação destas, tem sido usual procurar condicionar as características de rigidez e de deformação da alvenaria, sendo para isso fundamental avaliar adequadamente as características dos elementos constituintes em particular das juntas de argamassa, nomeadamente do ponto de vista experimental, já que, tal como se procurou salientar através dos resultados do estudo experimental atrás descrito, essas características condicionam significativamente o comportamento da alvenaria na fase de fendilhação e de rotura.

Convém salientar que a implementação de certas medidas específicas pode conduzir à minimização da ocorrência das anomalias em paredes de alvenaria resultantes de compressão vertical excessiva (note-se que essas medidas podem também servir de prevenção em relação a outras causas de anomalias em paredes de alvenaria), como sejam por exemplo: a utilização nas argamassas de adições ou adjuvantes tendo em vista a melhoria das suas características de deformação e de resistência ao longo do tempo; a colocação de armaduras em malha de aço nas juntas de assentamento das paredes de alvenaria; e a criação de juntas de movimento nas paredes de alvenaria para fazer face a movimentos dos elementos de construção confinantes com essas paredes.

Referências

[1] - HILSDORF, H. K. - An investigation into the failure mechanism of brick masonry loaded in axial compression. Designing, engineering and constructing with masonry products, pp. 34-41, ed. F. B. Jonhson, Gulf, Houston, Texas, 1969.

- [2] - KHOO, C.L. - Strength tests on brick and mortar under complex stresses for the development of a failure criterion for brickwork in compression. Proceedings of 4th International Brick and masonry conference, pp.51-66, Brugge, 1976.
- [3] - DHANASEKAR, M. PAGE, A. W.; KLEEMAN, P. W. - The failure of brick masonry under biaxial stresses. Proceedings of Instn. Civ. Engrs., Part. 2, Vol. 79, pp. 295-313, 1985
- [4] - PAGE, A. W.; SHRIVE, N. G. - A critical assessment of compression tests for hollow block masonry. Masonry International, Vol. 2, n° 2, 1988.
- [5] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, CEN, 1995, Eurocode n°6, Design of masonry structures, Part. 1-1, General rules for buildings, Rules for reinforced and unreinforced masonry, CEN, prENV 1996-1-1.
- [6] MIRANDA DIAS, J. L., Comportamento conjunto das paredes de alvenaria de blocos de betão leve e dos seus elementos estruturais de suporte. Lisboa: Instituto Superior Técnico (IST), Julho de 1997. Tese de Doutoramento.
- [7] - EDGELL, G. J. - Review of available data on characteristic initial shear strength of masonry. Masonry International, vol. 15, n° 3, pp. 68-72, 2002.
- [8] MIRANDA DIAS, J. L., Cracking around the interface joint between masonry panels and their supporting reinforced concrete beams in buildings, Proc. of 2nd International Structural Engineering and Construction Conference, vol. I, University of Rome, Italy, 745-752, September 2003.
- [9] MIRANDA DIAS, J. L., Susceptibility for cracking of masonry mortar joints when subjected to compression, Proc. of 10th Canadian Masonry Symposium, University of Calgary, Alberta, Canada, S. 3b, June 2005.