

COMPRESSÃO EXCÊNTRICA EM PAREDES CONSTRUÍDAS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE SOLO-CIMENTO

Assis, João B. S. de - Chahud, Eduardo - Assis, Paulo S.

Palavras-chave: solo-cimento, blocos intertravados, resistência à compressão de paredes

RESUMO

Sabe-se que a construção com terra é tradicional e ancestral. O solo é utilizado como matéria-prima para a obtenção de tijolos ou blocos vazados ou não e com as mais diversas formas. Os avanços e inovações de técnicas de construção com terra têm ocorrido de forma relativamente lenta. O sistema construtivo ora apresentado foi criado no Brasil e desde a sua criação está sendo testado e a partir de ensaios laboratoriais deseja-se comprovar o seu desempenho. O bloco intertravado, componente principal do sistema construtivo foi utilizado para compor paredes para serem ensaiadas à compressão excêntrica. Em parte do trabalho serão apresentadas resumidamente as características dimensionais dos blocos, com o objetivo de ressaltar a sua qualidade dimensional. As paredes são montadas empilhando-se os blocos padrão com um trespasse de meio bloco e a finalização da parede é feita por meio bloco padrão. Prismas com três fiadas foram preparados e ensaiados à compressão com o objetivo de comparar os resultados das tensões deles com as obtidas nas paredes. Ressalta-se que, diferente da alvenaria convencional, as paredes são construídas com os blocos montados sem argamassa de ligação, nas juntas horizontais.

Visando-se a ampliar o conhecimento relativo às características de paredes construídas com blocos intertravados, foram executados ensaios de compressão excêntrica em paredes com dimensões de 1210 x 2700 (mm²), objetivando determinar as tensões de compressão e os deslocamentos verticais e horizontais delas. Através destes ensaios foi possível observar também como as paredes se rompem e perdem a sua estabilidade. Os resultados finais foram analisados e comparados com cargas que seriam necessárias a paredes de uma edificação hipotética. Chegou-se à conclusão que paredes deste tipo, construídas conforme as do ensaio aqui estudado atendem às exigências relativas à sua segurança estrutural.

1. INTRODUÇÃO

A construção com terra é uma técnica tradicional ancestral. A terra (solo) é utilizada como matéria-prima para a obtenção do adobe; de tijolos com ou sem fibra; de tijolos vazados das mais variadas formas e, mais recentemente, de tijolos especiais retificados, produzidos na França, segundo CAVALHEIRO (1994).

Os tijolos que não são levados ao forno para serem queimados normalmente recebem o nome de tijolos de terra crua. Na estabilização do solo, vários são os ligantes aplicados, tais como: betume, fezes de animais, cal, cimento e resinas orgânicas.

Os blocos utilizados neste trabalho, também denominados blocos intertravados, são de solo-cimento e foram utilizados, sem argamassa de assentamento, introduzindo uma forma inovadora de compor as paredes, que difere da alvenaria conhecida como tradicional, conforme ASSIS e CHAHUD (2001).

Por esta razão, visando-se ampliar o conhecimento relativo de paredes construídas com blocos de encaixe ou intertravado e, sem argamassa de assentamento, foram executados ensaios de compressão excêntrica em três paredes, objetivando determinar as cargas limites por unidade de comprimento e os deslocamentos verticais e horizontais delas. Ainda, para verificar se as paredes podem ou não ser utilizadas em edificações, uma situação hipotética foi considerada para ao final comparar com os resultados experimentais obtidos neste estudo. Através destes ensaios foi possível observar também como as paredes se rompem e perdem a sua estabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1 Materiais

Os materiais utilizados foram os seguintes:

Blocos de solo-cimento; Cimento CP II E 32; Areia lavada de rio; Prensa de tração universal, com capacidade máxima de 400 kN; Balança eletrônica com capacidade máxima de 15 kg e resolução de 1g; Misturador planetário com capacidade de 5 l e com duas velocidades de rotação; Pórtico apropriado para ensaio de paredes em escala real; Cilindros hidráulicos com capacidade de 100 kN cada um; Células de carga com capacidade de 100 kN, cada, e resolução de 1 kN; Relógios comparadores para medição dos deslocamentos verticais e horizontais. O D3, utilizado para a medição do deslocamento horizontal, com resolução de 0,1 mm e os D1 e D2, utilizados para a medição dos deslocamentos verticais com resolução de 0,01 mm; Câmara climatizada mantida (com dispositivos de controle) com umidade acima de 90% e; Pequenos equipamentos e acessórios comumente utilizados em laboratórios.

1.2 Métodos

Durante a execução de todo o trabalho que originou os resultados aqui apresentados, tomou-se o cuidado de garantir as mesmas condições na realização dos ensaios, como:

(i) os mesmos materiais, e o mesmo operador para a montagem de todas as paredes e prismas; e (ii) os ensaios das paredes seguiram as diretrizes preconizadas pela NBR 8949/85, “paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples”, da ABNT.

Dos 2000 blocos recebidos no laboratório, foram extraídos 12 (doze) exemplares para a avaliação dimensional. Esta ação torna-se extremamente necessária por se tratar de blocos para alvenaria encaixada e sem argamassa de assentamento.

Num segundo momento foram preparados prismas com e sem argamassa com o objetivo de saber as suas resistências à compressão e poderem-se comparar estes resultados com os obtidos nas paredes. Complementarmente, foram realizados ensaios para a determinação da resistência à compressão da argamassa utilizada para o preenchimento dos furos dos blocos e de prismas construídos a partir de blocos extraídos da amostra principal, durante a execução de cada parede-teste.

Por fim, foram preparadas paredes em escala real, com largura de 1.210 mm, espessura de 110 mm e altura de 27 fiadas. Estas paredes receberam cargas de compressão excêntrica, conforme detalhes a seguir apresentados.

1.2.1 Carga permanente e acidental na parede

Com o objetivo de poder comparar os resultados dos ensaios realizados com as cargas possíveis de ocorrer em uma edificação hipotética, considerou-se uma construção fictícia com cômodos de vãos máximos de 4 m. Como carga distribuída, no telhado, considerou-se 0,70 kN/m² (permanente) e 0,5 kN/m² (acidental). Adotou-se, ainda, uma laje com as cargas de 1,85 kN/m² e 1,00 kN/m², permanente e acidental, respectivamente. Condensando os cálculos, obteve-se:

Telhadoⁱ

Carga permanente	$0,70 \times 5,75/2 = 2,01 \text{ kN/m}$
Carga acidental	$0,50 \times 5,75/2 = 1,44 \text{ kN/m}$

Laje

Carga permanente	$1,85 \times 4,0 = 7,4 \text{ kN/m}$
Carga acidental	$1,00 \times 4,0 = 4,0 \text{ kN/m}$

Resumo

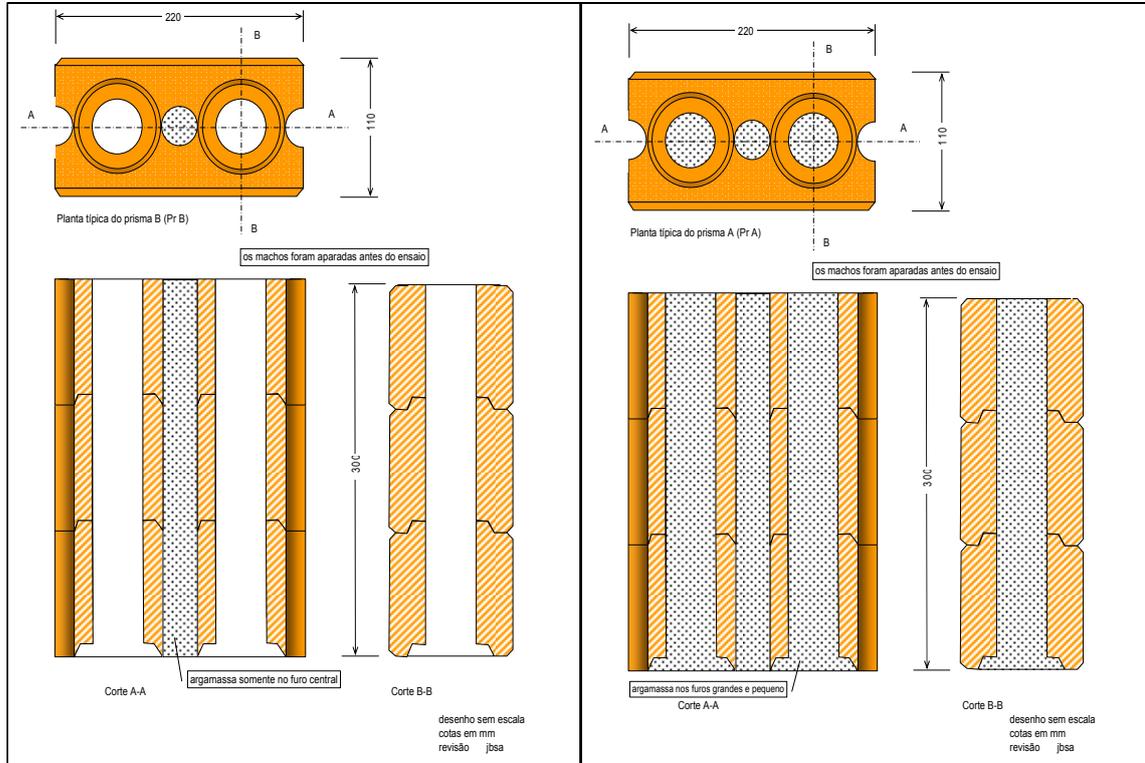
Carga permanente total	$S_{gk} = 2,01 + 7,4 = 9,41 \text{ kN/m}$
Carga acidental total	$S_{qk} = 1,44 + 4,0 = 5,44 \text{ kN/m}$
Carga total na parede	$1,4 \times S_{gk} + 1,7 S_{qk} = 22,42 \text{ kN/m}$

1.2.2 Características das paredes e dos prismas ensaiados

As paredes foram construídas simultaneamente. A primeira foi construída sob o pórtico de ensaio e as outras proximamente a ele. As 2ª e 3ª, tão logo terminou o ensaio da anterior, foram transportadas para o pórtico de ensaio. Os blocos foram empilhados com juntas de amarração equivalentes à metade de um bloco-padrão (TJ110), simplesmente encaixados uns aos outros, sem a utilização de argamassa de assentamento. Para a consolidação das paredes, os furos menores foram preenchidos com argamassa, e os furos grandes das extremidades foram armados com barras de aço de 5 mm de diâmetro e, posteriormente, preenchidos com a mesma argamassa. Seguindo as recomendações do sistema construtivo, as duas últimas fiadas receberam barras de aço com diâmetro de 5 mm, na horizontal, colocadas no centro da parede. Nestas duas últimas fiadas utilizaram-se blocos com detalhe especial e caracterizados como TJ 115, blocos estes próprios para a confecção de cintas e vigas.

As características geométricas e detalhes dos prismas Pr B podem ser visualizadas através da **!Error! No se encuentra el origen de la referencia.a**. Nesta figura apresentam-se a planta do prisma, os cortes e a região de preenchimento com argamassa tipo ii (1 de cimento e 4 de areia), conforme recomendação da norma britânica BS 5628.

As características geométricas e detalhes dos prismas tipo A estão apresentados na Figura 1b. Nesta figura apresentam-se a planta do prisma, os cortes e a região de preenchimento com argamassa.



(a) – Detalhes do prisma Pr B

(b) – Detalhes do prisma Pr A

Figura 1 – Planta e cortes dos prismas Pr B e Pr A

Para a determinação da resistência à compressão dos blocos e argamassa empregados na construção das paredes, foram moldados, em paralelo à sua confecção, 18 (dezoito) corpos-de-prova cilíndricos ($\phi = 5$ cm e $h = 10$ cm) da argamassa utilizada no preenchimento dos furos dos prismas e paredes, e 12 (doze) prismas, sendo 6 (seis), com argamassa nos furos pequenos e grandes, prisma Pr A e 6 (seis) preenchidos por argamassa somente no furo central pequeno, prisma Pr B.

As paredes foram construídas em quatro dias e pelo mesmo pedreiro, para evitar introdução de variável importante vinculada à mão-de-obra. A argamassa utilizada foi 1:4, Tipo II, segundo a norma BS 5628.

Antes da construção das paredes definitivas para este trabalho, construiu-se uma única parede com os furos centrais pequenos, preenchidos com argamassa, objetivando verificar se ela suportaria a carga excêntrica desejada. Tendo-se obtido um resultado de baixo valor, optou-se por ensaiá-las de uma forma definitiva, porém, com a inserção de barras de aço instaladas apenas nos furos grandes das extremidades direitas e esquerdas.

1.2.3 Procedimentos do ensaio

Os ensaios das paredes foram realizados seguindo-se as diretrizes da norma NBR 8949/85, “Paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples”, da ABNT.

As paredes foram confeccionadas com largura de 1210 mm e altura de 2730 mm com os blocos e meios blocos. Nas extremidades direita e esquerda os furos grandes foram armadas com barras de aço CA 60 com 5 mm de diâmetro e preenchidos por argamassa de cimento areia 1:4. As duas últimas fiadas de cada parede foram construídas com os blocos TJ 115. Durante a montagem delas, barras de aço CA 60 com 5 mm de diâmetro foram colocadas e, após a conclusão do empilhamento, os furos foram preenchidos pela argamassa 1:4 informada anteriormente. A Figura 2 apresenta esquematicamente a posição dos relógios comparadores e o local em que se aplicou a carga excêntrica. O carregamento vertical foi aplicado com excentricidade de 1/6 da espessura da parede. Para a aplicação das cargas, foram utilizados dois cilindros hidráulicos com capacidade de 100 kN cada um. Foram utilizadas, ainda, duas células de carga com capacidade de 100 kN, cada, e resolução de 1 kN.

Adotou-se como carga de referência para o primeiro estágio, um valor aproximadamente igual à soma das cargas permanente e acidental do telhado majoradas pelos coeficientes respectivos para S_{gk} e S_{qk} . Efetuando-se os cálculos, chegou-se ao valor de 5,3 kN/m, e, para a parede de 1,21 m de largura, ao valor aproximado de 6,5 kN/m.

A aplicação das cargas foi executada em quatro estágios. No primeiro, aplicou-se a carga até atingir 6,5 kN e, ao atingir este valor, retirou-se totalmente a carga. No segundo, aplicou-se a carga de 52 kN (aproximadamente a metade da carga de ruptura prevista). Neste estágio, o carregamento foi gradual e com cinco paradas, objetivando efetuar as leituras de deslocamentos relativos a cada carga. Terminada a leitura e registro do deslocamento da carga máxima deste estágio, esta foi retirada por completo. No terceiro ciclo de carregamento, aplicaram-se cargas até a máxima prevista, divididas em cinco paradas, objetivando a leitura e apontamento dos deslocamentos. Após a anotação do deslocamento com a carga máxima neste estágio, ela foi retirada da parede, por completo. No último estágio, os instrumentos foram retirados e a carga foi aplicada até a ruptura da parede. Neste estágio não houve medição de deslocamentos.

A disposição da instrumentação utilizada nos ensaios das paredes encontra-se detalhada na Figura 2. Os deslocamentos horizontais foram medidos pelo relógio comparador D3. Os relógios comparadores D1 e D2, utilizados para a medição dos deslocamentos verticais apresentaram resolução de 0,01 mm.

ESQUEMA DE MONTAGEM DAS PAREDES, CARREGAMENTO E APARELHOS DE MEDIÇÃO

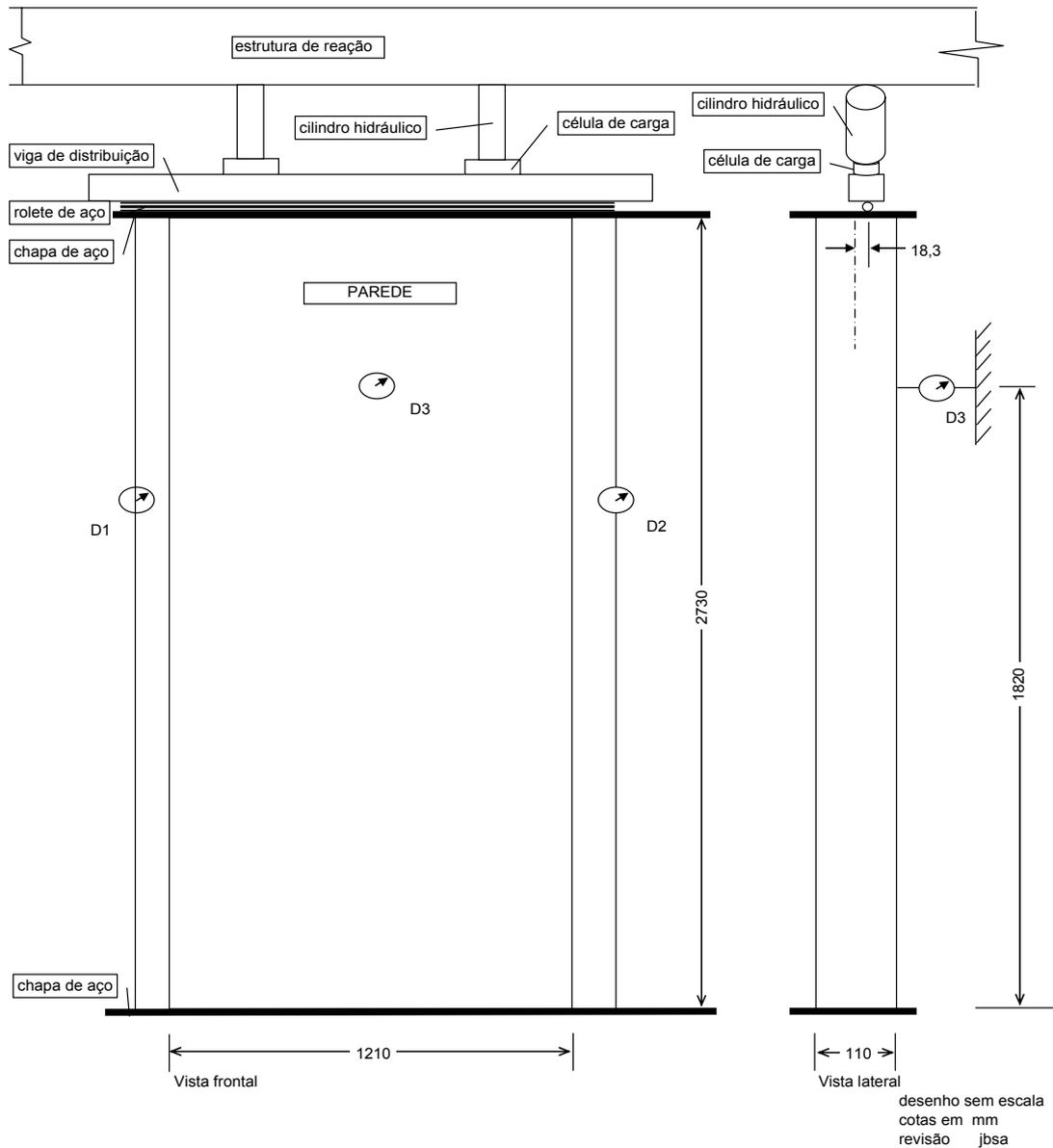


Figura 2 – Esquema de montagem dos instrumentos das paredes

3. RESULTADOS DOS ENSAIOS

1.3 Características dimensionais dos blocos

A Figura 3 mostra com detalhe todas as cotas do bloco padrão identificado por TJ 110. Os valores médios das cotas mostradas nesta figura encontram-se apresentados na Tabela 1.

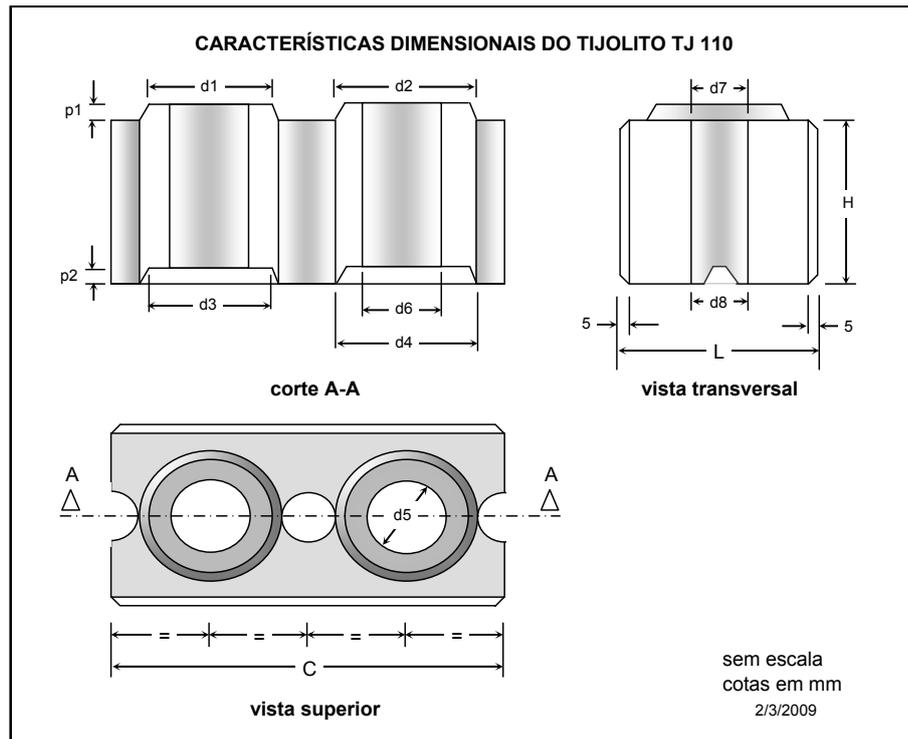


Figura 3 – Características dimensionais do bloco padrão. Fonte: ASSIS (2001)

cp	Dimensões (mm)												
	L	H	C	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	p1	p2
média	110,2	100,0	220,1	69,2	78,7	70,0	80,3	44,7	45,8	31,9	32,8	9,9	11,1
s	0,16	0,57	0,19	0,38	0,39	0,35	0,63	0,24	0,07	0,09	0,20	0,15	0,19
cv (%)	0,15	0,57	0,09	0,56	0,50	0,50	0,79	0,54	0,16	0,28	0,62	1,48	1,76

Tabela 1 – Valores médios para as dimensões dos doze blocos avaliados. Fonte: ASSIS (2008)

1.4 Compressão em prismas de blocos e em corpos-de-prova de argamassa

Os resultados dos ensaios à compressão axial dos prismas Pr A e Pr B e dos corpos-de-prova (cps) da argamassa utilizada no preenchimento dos furos dos blocos e das paredes, encontram-se na Tabela 2 e na Tabela 3, respectivamente:

Prismas	Carga última em kN	Tensão última fp em MPa	Prismas	Carga última em kN	Tensão última fp em MPa
Pr A-1	103	4,3	Pr B-1	60	2,5
Pr A-2	113	4,7	Pr B-2	62	2,6
Pr A-3	107	4,4	Pr B-3	55	2,3
Pr A-4	95	3,9	Pr B-4	50	2,1
Pr A-5	90	3,7	Pr B-5	55	2,3
Pr A-6	92	3,8	Pr B-6	58	2,4
Média	100	4,1	Média	57	2,3
s	9	0,4	s	4	0,2
cv%	9	9	cv%	8	8

Tabela 2 – Resistência à compressão dos prismasⁱⁱ Pr A e PrB – área bruta

cps	Carga última em kN	Tensão última f_a em MPa	cps	Carga última em kN	Tensão última f_a em MPa
1	11,2	5,6	10	14,0	7,0
2	13,0	6,5	11	14,2	7,1
3	14,2	7,1	12	14,6	7,3
4	15,6	7,8	13	14,5	7,2
5	14,5	7,2	14	14,2	7,1
6	15,6	7,8	15	14,0	7,0
7	16,2	8,1	16	14,6	7,3
8	16,4	8,2	17	14,1	7,0
9	16,1	8,0	18	13,2	6,6
			Média	14,5	7,0
			s	1,3	0,2
			cv%	9	4

Tabela 3 – Resistência à compressão da argamassa utilizada nos furos dos prismas e paredes

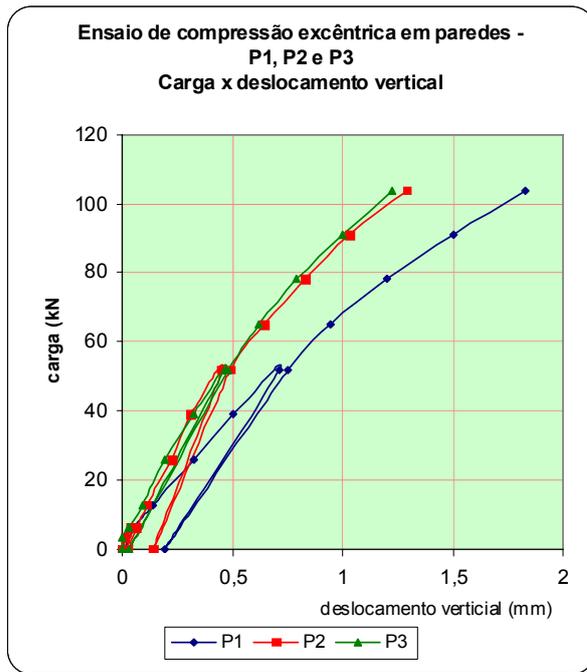
1.5 Compressão excêntrica das paredes

As cargas de ruptura, os deslocamentos verticais médios e horizontais ocorrentes durante os ensaios estão apresentados na Tabela 4:

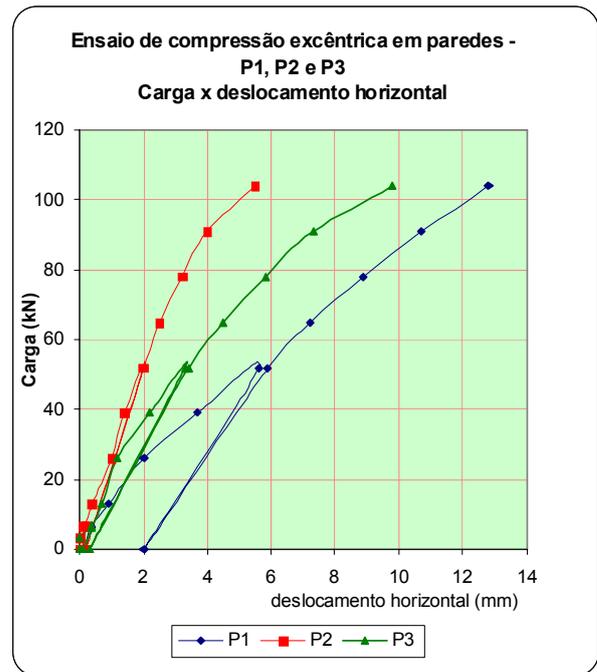
carga (kN)	PAREDE 1		PAREDE 2		PAREDE 3	
	DM ⁱⁱⁱ (mm)	D3 (mm)	DM(mm)	D3(mm)	DM(mm)	D3(mm)
-	-	-	-	-	-	-
3,25	0,01	-	0,01	-	-	-
6,50	0,05	0,40	0,04	0,10	0,03	0,40
-	0,01	0,10	0,02	0,10	-	0,10
6,50	0,05	0,40	0,06	0,20	0,03	0,40
13,00	0,14	0,90	0,11	0,40	0,09	0,70
26,00	0,32	2,00	0,22	1,00	0,19	1,20
39,00	0,50	3,70	0,31	1,40	0,32	2,20
52,00	0,71	5,60	0,45	2,00	0,46	3,30
-	0,19	2,00	0,14	0,20	0,03	0,30
52,00	0,75	5,90	0,49	2,00	0,48	3,40
65,00	0,94	7,20	0,64	2,50	0,62	4,50
78,00	1,20	8,90	0,83	3,20	0,79	5,80
91,00	1,50	10,70	1,03	4,00	1,00	7,30
104,00	1,83	12,80	1,29	5,50	1,22	9,80

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de compressão excêntrica das paredes P1, P2 e P3

A Figura 4 apresenta os gráficos de carga vs deslocamento horizontal e vertical registrados durante os ensaios de compressão simples com carga excêntrica. O deslocamento residual variou entre um mínimo de 0,03 mm e um máximo de 0,19 mm. Os deslocamentos limites superiores, obtidos nas cargas máximas, ficaram entre um mínimo de 1,22 mm e um máximo de 1,83 mm. Os deslocamentos horizontais limites, medidos durante a aplicação das cargas máximas, variaram de um mínimo de 5,5 mm e um máximo de 12,8 mm. Em se tratando de paredes com blocos intertravados e isentos de argamassa nas juntas horizontais, os valores encontrados são, a nosso ver, aceitáveis. Aproveita-se ainda, este momento para divulgar os resultados deste estudo com o objetivo de contribuir com futuros resultados de outros pesquisadores.



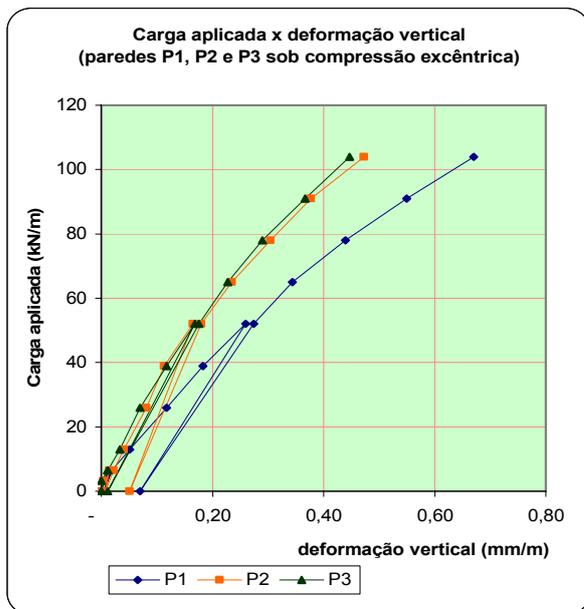
(a) Carga x deslocamento vertical



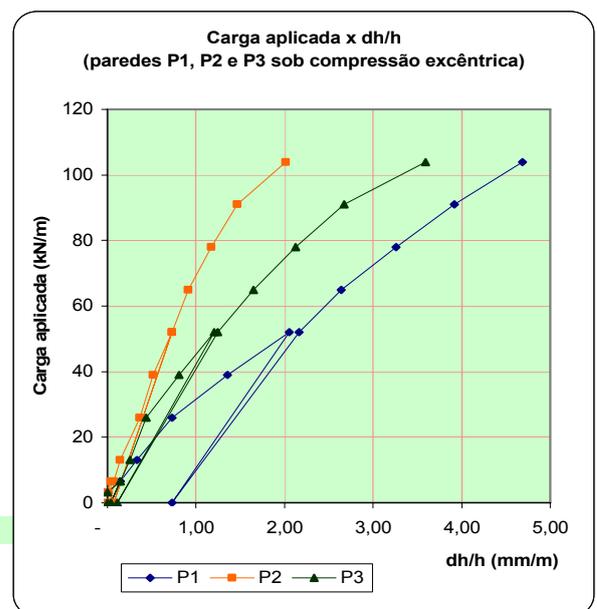
(b) Carga x deslocamento horizontal

Figura 4 – Diagramas carga x deslocamento das paredes P1, P2 e P3

A Figura 5 apresenta gráficos de carga x deformação vertical e carga x dh/h. No gráfico da figura 5(a) observa-se que a parede P2 apresentou valores intermediários se comparados com os valores obtidos em P1 e P3, mas muito próximos dos resultados da parede P3. As deformações limites, mínima e máxima, medidas na carga máxima, foram 0,47 mm/m e 0,67 mm/m, respectivamente. As deformações residuais ficaram entre um mínimo de 0,01 mm/m e um máximo de 0,07 mm/m.



(a) Carga aplicada x deformação vertical



(b) Carga aplicada x dh/h

Figura 5 – Diagramas Carga x deformação e Carga x dh/h

1.6 Determinação das tensões na base da parede

Considerações iniciais

Os cálculos a seguir serão apresentados considerando-se para a parede, o comprimento unitário de 1,0 m e a altura de 2,73 m e uma carga limite, média de compressão excêntrica de 103,87 kN. O peso médio de cada bloco, adotado, foi de 36 N. Como o peso próprio diminui a parcela do momento na base, as tensões serão calculadas na região do relógio comparador D3. A parcela do peso próprio utilizada na seção transversal foi de 1/3 dele, por estar a seção transversal objeto do cálculo na região de D3. Para o momento fletor devido ao peso próprio, considerou-se somente a metade deste valor.

Na Tabela 5 serão apresentados os valores, de forma resumida, que farão parte dos cálculos das tensões normais na base da parede ensaiada.

Carga média aplicada (N)	peso próprio total da parede (N)	Dimensões para o cálculo (mm)			
		largura	espessura	altura	excentricidade imposta
103.867	4.467	1.000	110	2.730	18,33

Tabela 5 – resumo de dados para a determinação da tensão normal

A tensão normal, genérica, numa seção transversal de área A, sugerida por BARBOSA (1996), para uma peça flexo comprimida pode ser expressa pela Equação 1:

$$\sigma_z = -\frac{P_T}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} y \dots\dots\dots [1]$$

As mínima e máxima tensão normal na seção transversal mais solicitada da parede, são:

$$\sigma_{z,\min} = -0,96 + 1,46 = +0,50MPa$$

$$\sigma_{z,\max} = -0,98 - 1,46 = -2,41MPa$$

Como as paredes ensaiadas resistiram bem às cargas aplicadas e não se observou abertura de juntas, indicando a possibilidade de tração numa das faces, pode-se concluir que as duas pequenas colunas armadas participaram bastante dos quinhões dos esforços solicitantes.

Sugere-se que em outros estudos, sejam verificados os quinhões de carga para a argamassa e a barra de aço das colunetas existentes nas extremidades da parede.

2. CONCLUSÕES

- Os deslocamentos verticais, das paredes P1, P2 e P3, ensaiadas, foram de; (i) 1,83 mm; (ii) 1,29 mm; e (iii) 1,22 mm, respectivamente. As deformações relativas à altura das paredes foram para P1, P2 e P3, 0,67 mm/m; 0,47 mm/m; e 0,45 mm/m, respectivamente. Se se considerar um valor médio para as deformações de todas as paredes ensaiadas, chega-se ao valor de 0,53 mm/m. Comparando este valor com os obtidos por BARBOSA (1996), verifica-se, ser ele perfeitamente aceitável, principalmente porque a excentricidade usada pelo pesquisador indicado foi inferior a utilizada neste trabalho.
- Como as deformações residuais verticais ficaram entre 0,01 mm/m e 0,07 mm/m, a nosso ver, pode-se considerá-las perfeitamente aceitáveis. A deformação residual horizontal máxima foi aproximadamente 0,73 mm/m, tomando a altura da parede como referência. Comparando o deslocamento residual máximo com o máximo deslocamento medido, chega-se a 15%. Como não se comparou estes resultados com nenhuma bibliografia, eles servem como elementos para possíveis comparações futuras.
- Os deslocamentos horizontais obtidos nos ensaios das paredes P1, P2 e P3, foram de: 12,8 mm; 5,5 mm; e 9,8 mm, respectivamente. O valor médio foi de 9,37 mm. Considerando este valor como uma flecha horizontal e comparando-a com a altura da parede chega-se a uma relação h/dh = 291. Este valor não será comparado com nenhuma referência, mas poderá servir para futuros estudos similar aos aqui apresentados, porém a nosso ver, pode ser aceitável.

- 4- Considerando-se que a carga média de ruptura das paredes foi de aproximadamente 104 kN/m com um coeficiente de variação de 8,6%, pode-se obter o coeficiente de minoração γ , do seguinte modo: $\gamma = 1 + 4 \cdot Cv = 1,34$. Este valor foi utilizado para obter a carga máxima, com segurança, para as paredes, portanto, a carga segura foi de: $Pr/\gamma = 104/1,34 = 77,3$ kN/m. Como o valor máximo projetado, por hipótese, foi de 22,42 kN/m, conclui-se que as paredes suportam o carregamento excêntrico, com segurança. Se este valor foi obtido para um pavimento, seria possível executar esta parede, com segurança, para até três pavimentos.
- 5- Considerando os cálculos apresentados anteriormente, observa-se que houve tensão de tração na seção transversal avaliada e que a tensão de compressão máxima foi de 2,41 MPa. Como não se observou abertura das juntas, sugeridas pela tração calculada, pode-se concluir que as colunetas armadas devem ter sido as responsáveis pela estabilidade das paredes, excluindo-se a possibilidade de utilizar-se a equação 1, para obter as tensões numa seção transversal genérica.

3 . BIBLIOGRAFIA

- ASSIS, João Batista Santos de. Avaliação experimental do comportamento estrutural de paredes não armadas, submetidas à compressão axial, construídas com tijolito. Orientador: Eduardo Chahud. 2001. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- _____. Determinação experimental da resistência à tração na flexão em paredes construídas com blocos intertravados de solo-cimento. Orientador: Professor e Dr. Eduardo Chahud. 2008. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6461. Bloco cerâmico para alvenaria: verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.
- _____. NBR 15.575. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.
- BARBOSA, Normando Perazzo. Construção com terra crua, do material à estrutura. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 1996. 86 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS-5628: Code of practice for structural use of masonry: part I: unreinforced masonry. London, 1992.
- CAVALHEIRO, O. P. Alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto: exemplo de cálculo segundo a norma brasileira. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., 1994, Florianópolis. Proceedings ... Florianópolis: UFSC, 1994. p. 375-385.

Autores

João Batista Santos de Assis: Engenheiro civil, Doutor em engenharia de estruturas, Professor Adjunto III e coordenador do departamento e do curso de engenharia civil do PUC Minas. Diretor técnico da SAPS – Engenharia e Consultoria. e-mail jbsassis@yahoo.com.br

Eduardo Chahud: Professor e coordenador do curso de mestrado em Construção Civil da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, Doutor em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo. Universidade Fumec – e-mail chahud@fumec.br

Paulo Santos de Assis – Prof. Titular da Escola de Minas de Ouro Preto, Prof. da REDEMAT, Prof. Honorário da HUST, China. e-mail: assis@em.ufop.br

ⁱ Considerou-se o telhado com telhas cerâmicas, engradamento de madeira e laje pré-moldada revestida. O telhado e a laje foram considerados bi-apoiados.

ⁱⁱ (a) A tensão f_p foi obtida a partir da área bruta, determinada com base no desenho do bloco apresentado na Figura 3; (b) Os prismas A receberam argamassa em todos os furos; e (c) Os prismas B receberam argamassa somente no furo pequeno central.

ⁱⁱⁱ DM representa a média dos valores de D1 e D2, relógios comparadores que mediram os deslocamentos verticais. D3 indica os valores obtidos em leituras do relógio comparador que mediu os deslocamentos horizontais.