

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA INFLUÊNCIA DE CORTES EM PAREDES DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS CERÂMICOS NA CAPACIDADE RESISTENTE

Ricardo Bernardi

Engenheiro Civil, Cascavel/PR

Renata Peres Krum

Engenheira Civil, Cascavel/PR

Gilmar Fabro

Técnico ITAIPU, Foz do Iguaçu/PR

MEng. Fábio Luiz Willrich

Professor UNIOESTE, Cascavel/PR

Dr. Humberto Correia Lima Júnior

Professor UFPE, Caruaru/PE

RESUMO

A instalação predial de conduítes e tubulações é realizada de forma rotineira a partir de cortes para o embutimento destas nas paredes. No caso de edificações em alvenaria estrutural tais cortes podem provocar na estrutura grandes reduções na capacidade resistente. O presente trabalho teve como objetivo estudar experimentalmente a influência de cortes em paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sob base rígida na capacidade de carga dessas. Foram utilizados e caracterizados dois tipos de blocos cerâmicos estruturais, de 12 e 21 furos na vertical, para a confecção de oito paredes tipo P12 e P21, respectivamente, com dimensões de 1,00 m de base por 1,20 m de altura e espessura equivalente ao bloco. Três situações de cortes foram estudadas: horizontal, diagonal 45° e vertical, com 2 paredes para cada caso, e mais 2 paredes sem cortes. Os resultados apontaram reduções significativas quanto à capacidade resistente das paredes com cortes horizontais e diagonais para ambos os blocos cerâmicos estudados. As paredes com cortes verticais foram pouco afetadas.

ABSTRACT

The installation of conduits and pipe lines is usually done by cuttings in the walls. In case of constructions were structural masonries are used those cuttings can cause great reductions in the masonries strength capacity. This paper aimed to investigate experimentally the effect of cuts in the masonry strength capacity made of ceramic blocks above rigid base. Two types of structural ceramic blocks were used: one with 12 vertical holes and the second with 21 holes. For which block were cast 8 walls with 1 m lengthen, 1.2 m high and the block width. Three cutting types were studied: horizontal, 45° degrees and vertical; where two walls were done for each cut typing. In additional two walls without cuttings were tested. The results showed that the wall strength capacity was influenced by the horizontal and diagonal cuttings, nevertheless, the vertical cuttings produced small effect on the wall strength capacity.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de métodos construtivos, como a Alvenaria Estrutural, tem se mostrado uma alternativa competitiva, que com uso racional obtém-se uma redução significativa dos custos e tempo, quando comparado a técnicas tradicionais como o concreto armado. Neste sentido, visualiza-se a necessidade em dar suporte técnico científico para que essa expansão tome os merecidos caminhos. Existe, ainda, uma escassa bibliografia aliada à falta de profissionais especializados nessa área, em comparação aos métodos tradicionais. Dentro deste contexto, observa-se que tais motivos são suficientes para que a pesquisa e o uso da alvenaria estrutural sejam mais difundidos. Para os ensaios propostos neste trabalho não existem, no Brasil, parâmetros nacionais normativos que definam como devem ser feitos os cortes e qual o efeito que esses geram na estrutura.

Segundo Sabbatini¹, a alvenaria estrutural, é definida por, como a alvenaria de estrutura para suporte de edifícios e dimensionada a partir de um cálculo racional. Com relação à sua aplicação estrutural, apresenta a seguinte classificação: a) alvenaria estrutural armada de blocos vazados; b) alvenaria estrutural não armada; c) alvenaria estrutural protendida de blocos vazados.

Segundo Camacho², as construções que utilizam o método construtivo da alvenaria estrutural sempre foram usadas pelo homem, tendo seu surgimento havido juntamente com as civilizações antigas, sendo essas obras realizadas com bases empíricas, ou seja, baseando-se nos conhecimentos adquiridos de geração em geração, onde valiam as tentativas de erro e acerto. Mesmo se procedendo desta forma, até o final do século XIX grandes obras eram erguidas usando a alvenaria como elemento de sustentação. Porém, com o advento do aço e do concreto, fatores esses que possibilitaram o surgimento de obras de maior porte, arrojo e técnicas com embasamento científico, a alvenaria estrutural acabou passando para um segundo plano. Porém, em meados do século XX, em virtude da necessidade de se buscar técnicas construtivas alternativas, a alvenaria estrutural ressurgiu mundialmente, com diversas pesquisas voltadas para o seu entendimento mais elaborado.

De acordo com Camacho², no Brasil iniciaram-se as primeiras experiências na década de 60, sendo que no ano de 1966 é construído em São Paulo um prédio de 4 pavimentos com blocos de concreto (alvenaria estrutural armada), dando o pontapé inicial para que as novas técnicas empregadas na alvenaria estrutural fossem aplicadas. A alvenaria estrutural não armada só é inaugurada no país em 1977, com a construção de um prédio de 9 pavimentos.

Alguns cuidados com o emprego da alvenaria estrutural devem ser considerados. Para Sabbatini¹ o uso da Alvenaria estrutural pressupõe: a) segurança pré-definida (idêntica a de outras tipologias estruturais); b) construção e projeto com responsabilidades precisamente definidas e conduzidas por profissionais habilitados; c) construção fundamentada em projetos específicos (estrutural - construtivo), elaborado por engenheiros especializados.

Com relação às estruturas de concreto armado, a alvenaria estrutural pode apresentar algumas vantagens que a tornam competitivas. Como vantagem econômica, tem-se as próprias paredes que servem como elemento estrutural e vedação, menor uso de formas e escoramentos, reduzidas quantidades de armadura e mão-de-obra e serviços mais simplificados. O menor tempo de execução dos serviços e acabamentos também representa vantagens de obras em alvenaria estrutural, uma vez que diversos serviços podem ser realizados em conjunto. A

limitação dos vãos, número de pavimentos, possíveis alterações de utilização e mudanças arquitetônicas ficam restritos ao projeto previsto, o que representa desvantagens deste tipo de construções.

De acordo com Gomes³, as unidades de alvenaria são os elementos básicos para uma estrutura em Alvenaria Estrutural, podendo essas ser de tijolos ou blocos, dependendo das dimensões que apresentarem. As unidades podem ser constituídas de materiais os mais diversos, como: material cerâmico, concreto, material sílico-calcário, concreto leve e solo-cimento. A forma e a aplicação das unidades variam de acordo com as solicitações e resistência desejadas. Na maioria dos casos, apresentam furos na vertical, pois apresentam maior resistência nessa direção, e caso necessário podem ser preenchidos com graute, além de permitir a passagem de tubulações.

A argamassa atua como elemento adesivo das unidades de alvenaria. Essas são compostas de um aglomerante (cimento), um agregado miúdo inerte (areia), água e a cal, que serve para dar plasticidade. A argamassa, além de unir os blocos, resiste aos esforços, distribui uniformemente as cargas pela área atuante, absorve algumas deformações, sela as juntas contra penetração de água da chuva dentre outras funções não mencionadas.

Para Franco⁴ a capacidade resistente das paredes de alvenaria está relacionada a diversos fatores, como a resistência do material utilizado (blocos e argamassa de assentamento), a geometria dos blocos, espessura das juntas horizontais e o número e configuração das juntas. Além destas, a capacidade resistente também depende da seção transversal das paredes (área), da esbeltez, das excentricidades do carregamento e da rigidez dos elementos de suporte das cargas, como as vigas de transição e fundações, no sentido de se garantir uma melhor distribuição dos carregamentos e evitar concentrações de tensão. A utilização de mão-de-obra desqualificada, blocos com grande variabilidade nas dimensões, e deficiências de projetos complementares de instalações elétricas e hidráulicas geram conseqüências desastrosas, como desaprumos, juntas irregulares e mal preenchidas e abertura de rasgos não previstos, os quais afetam consideravelmente a capacidade resistente.

As paredes auto-portantes devem ser dimensionadas para suportar basicamente esforços de compressão, cisalhamento, flexões no plano e flexões fora do plano da alvenaria. Das solicitações citadas, a compressão é a mais importante, pois é o esforço que uma alvenaria estrutural não armada mais resiste, sendo essa proveniente do peso próprio da edificação e das cargas acidentais. Já as solicitações de flexão e cisalhamento ocorrem nas paredes de contraventamento (no plano dessas), devido à transmissão de esforços que a laje vem a resultar sob a alvenaria. A ocorrência de flexão fora do plano da alvenaria ocorre com maior intensidade nas paredes externas, devido ação do vento e em casos em que há ação do empuxo de terra.

A opção em preencher ou não as juntas verticais conduz a resultados bem diferentes. Ensaio realizados com juntas verticais preenchidas e não preenchidas, com blocos cerâmicos e de concreto mostraram tensões de cisalhamento nas paredes com juntas verticais preenchidas bem maiores que as obtidas para paredes com juntas verticais secas, para ambos os tipos de blocos. Silva⁵, ressalta a contribuição do preenchimento das juntas verticais com a resistência ao cisalhamento e à flexão da parede.

Projetos e instalações elétricas e hidrossanitárias devem ser considerados no projeto de alvenaria estrutural. Para Sabattini ¹ o corte em paredes estruturais cerâmicas pode ser admitido em pequenos trechos, desde que se respeite o comprimento e a profundidade desses, e seja previsto em projeto a sua realização. Coelho ⁶ afirma ainda que ao ser iniciada a obra, as tubulações devem ser locadas, de tal forma que as instalações atendam os pontos previstos. Para as situações em que se está fazendo uso de blocos de concreto, os problemas de rasgos são quase que eliminados por completo, sendo feitos apenas cortes na posição de caixas e quadros de luz.

Com o objetivo estudar os efeitos gerados por cortes em paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, propôs-se neste trabalho avaliar a capacidade resistente de paredes estruturais sob efeito de cortes para a passagem de tubulações de instalações elétricas, onde as paredes executadas foram ensaiadas a compressão uniforme sobre base rígida. Foram realizados ensaios experimentais em paredes com cortes verticais, diagonais e horizontais muito utilizados em situações de projeto e executadas nas alvenarias das construções, os quais são comparados com paredes testemunhos, sem cortes.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As unidades de alvenaria utilizadas são os blocos cerâmicos estruturais constituídos de 12 e 21 furos na vertical, os quais foram extraídos de lotes destinados a construção de prédios em alvenaria estrutural, na cidade de Cascavel - PR. Estes foram caracterizados conforme a NBR 15270/2005 ⁷, sendo realizado a verificação da geometria (forma, dimensões, medidas dos septos internos e paredes externas) e caracterização mecânica a partir de ensaio de compressão. A forma dos blocos cerâmicos é mostrada na Figura 1 e as dimensões médias obtidas para as amostras encontram-se na Tabela 1.

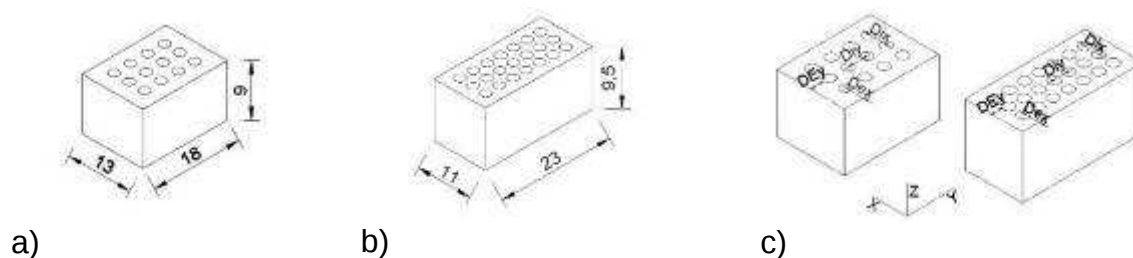


Figura 1 – Blocos cerâmicos: a) bloco 12 furos; b) bloco 21 furos; c) septos

Tabela 1 – Blocos cerâmicos – caracterização geométrica e mecânica

Bloco cerâmico	Dimensões médias $L \times H \times C$ (cm)	Septos internos(cm)		Paredes externas(cm)		Resistência compressão unidade(MPa)	Resistência compressão prismas(MPa)
		D_{ix}	D_{iy}	D_{ex}	D_{ey}		
12 Furos	13 _x 9,0 _x 18	1,36	1,60	1,75	2,25	23,30	13,39
21 Furos	11 _x 9,5 _x 23	1,24	1,40	1,62	1,50	20,13	12,95

A caracterização mecânica consistiu na determinação da resistência à compressão axial dos blocos estruturais. O ensaio dos blocos empregados foi realizado de acordo com o procedimento do anexo C da NBR 15270-3/2005 ⁷, que consiste do ensaio individual das unidades.

Em comparação à resistência individual, optou-se em avaliar também a resistência à compressão do conjunto de dois blocos, formando um prisma.

A argamassa de assentamento foi confeccionada na proporção 1:5 (cimento: areia), com aditivo VEDALIT^R em substituição à cal. Argamassa esta, normalmente empregada na construção de obras em alvenaria estrutural. A resistência à compressão média da argamassa de assentamento foi de 8,8 MPa.

Para a realização do estudo, foram confeccionadas um total de 16 paredes, sendo 8 paredes estruturais com blocos de 12 furos e 8 paredes estruturais com blocos de 21 furos, com 4 diferentes situações para cada tipo de parede, quais sejam: a) duas paredes com cortes na vertical (P12V e P21V); b) duas paredes com cortes na horizontal (P12H e P21H); c) duas paredes com cortes em diagonal (P12D e P21D); d) duas paredes testemunhos, sem apresentar cortes (P12T e P21T). Na Figura 2 são mostradas de forma esquemática as paredes com cortes.

As paredes foram confeccionadas sobre vigotas de concreto armado como forma de capeamento visando uma distribuição uniforme do carregamento. As vigotas apresentaram larguras de acordo com a espessura das paredes, altura de 10 cm e com um metro de comprimento, com concreto de resistência de 25 MPa. Foram utilizadas armaduras de aço CA-60 (treliçadas TR08-644 com um fio de 6 mm na parte superior e dois fios de 4,2 mm na parte inferior), para conferir maior rigidez longitudinal, em função do atrito entre as vigotas e placas de aço de aplicação de cargas da prensa hidráulica. Na Figura 3 pode ser visualizado o assentamento dos blocos cerâmicos sobre as vigotas de capeamento, sendo ao final realizado também o capeamento superior.

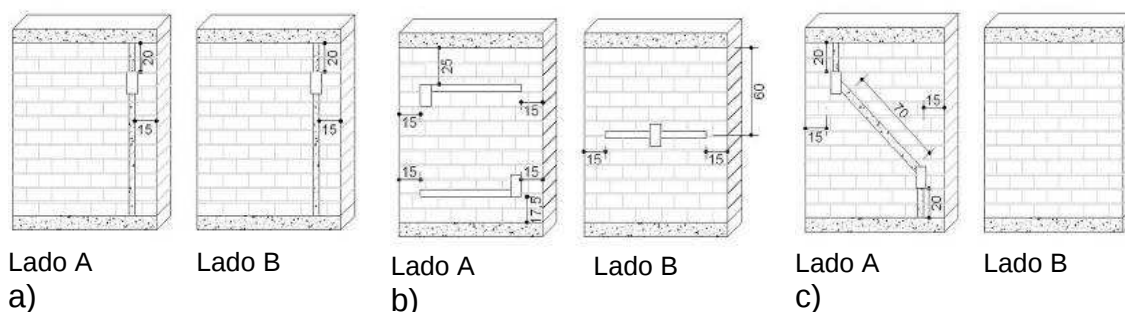


Figura 2 – Paredes com cortes: a) vertical, b) horizontal, c) diagonal



Figura 3 – Confeção das paredes

A execução das paredes foi realizada no pátio externo do Laboratório de Tecnologia do Concreto de ITAIPU Binacional, em função da quantidade de paredes e do espaço disponível para manuseio dos materiais, procedimento de assentamento, capeamento superior, recortes, caiação e facilidade de transporte até a máquina de ensaio. A mão-de-obra utilizada para o assentamento da alvenaria foi à mesma empregada em obras existentes executadas em alvenaria estrutural. O processo de levantamento das paredes foi realizado a partir do posicionamento, alinhamento e nivelamento das vigas de capeamento previamente confeccionadas. De forma a organizar o local de assentamento e facilitar a execução das paredes, optou-se por distribuir cada tipo de parede (blocos 12 furos e com blocos de 21 furos) em uma linha. O assentamento se deu sobre as vigotas alinhadas, tomando-se o cuidado de manter padronizadas as espessuras horizontais e verticais das juntas, bem como o prumo, nível e alinhamento das paredes. Durante a execução da alvenaria, alguns cuidados foram necessários: os blocos cerâmicos são compostos de argila e absorvem grande parte da água de amassamento e, para evitar esse efeito, os blocos foram molhados antes do assentamento, de modo a conferir uma cura mais adequada à argamassa; os blocos visualmente defeituosos foram descartados, para evitar alterações e regiões enfraquecidas da alvenaria; ao final do dia, a alvenaria era umedecida, de forma a auxiliar no processo de cura da argamassa.

Os cortes realizados na alvenaria representam situações comuns encontradas nas construções quando das instalações elétricas e hidráulicas. Nesse sentido os cortes realizados nas paredes deste trabalho apresentam situações e características semelhantes às executadas nas obras em alvenaria estrutural. As situações referidas representam cortes diagonais, verticais e horizontais, enquanto as características representam à largura e a profundidade do corte. As paredes testemunhos (P12T e P21T) foram executadas sem cortes.

As profundidades dos cortes foram estabelecidas em função de cada tipo de bloco, do diâmetro dos furos e espessura das paredes externas. As paredes com blocos de 12 furos e 21 furos apresentaram cortes com profundidades de 3,5 cm e 3 cm, respectivamente, com largura de 5 cm, para permitir a instalação de conduítes de 20 mm e caixas de 5 cmx10 mm para representar os pontos de luz. Os cortes foram realizados com disco diamantado, de corte a seco, e desbastados com talhadeira manualmente. Os cortes e profundidade dos cortes são mostrados na Figura 4. Após a execução dos cortes, foram realizadas as instalações das tubulações e caixas metálicas e o posterior fechamento dos cortes e instalações com argamassa de assentamento. Finalmente, as paredes receberam uma pintura de cal para destacar os cortes e melhorar a visualização das fissurações durante o ensaio de compressão, conforme Figura 5.

Durante o ensaio de compressão das paredes, buscou-se realizar medidas de deslocamentos verticais e horizontais, utilizando-se relógios comparadores fixados através de 4 pinos introduzidos em cada uma das faces laterais das paredes e engastados através de resina epoxi. Os pontos de fixação dos pinos ficaram a 10 cm dos cantos da parede e a 15 cm das bordas superior e inferior.

As paredes foram transportadas ao local de ensaio com auxílio de um guincho hidráulico tipo “girafa” e um carinho tipo “transpallet”. O posicionamento das paredes sobre a viga metálica de base da prensa foi realizado com a utilização de uma ponte rolante. O procedimento de transporte das paredes é mostrado na Figura 6.

Foram adaptados, às placas de aplicação de carga da prensa, trilhos metálicos rígidos para distribuição uniforme do carregamento sobre as paredes e para uniformizar o contato entre os trilhos metálicos e as vigotas de capeamento, foram dispostas placas de borracha flexíveis, com 10 mm de espessura, e rigidez adequada para os níveis de cargas utilizados. A aplicação de carga se deu por meio de prensa hidráulica, com capacidade de aplicação de carga de 5000 kN, com placa inferior de aplicação carga fixa e superior com rótula.

Em cada parede foram instalados um total de 5 medidores de deslocamento, com precisão de 0,01 mm, sendo 4 para as medidas de deslocamentos verticais e 1 para deslocamento horizontal. Foram acoplados aos medidores de deslocamento molas tensionadoras e fios de aço, Krum⁸, para se obter os deslocamentos entre os pinos. Os relógios e fios de aço foram fixados nos pinos a uma distancia de 3,3 cm das faces da parede.

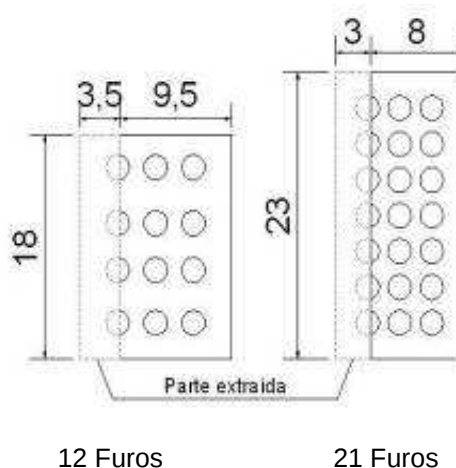


Figura 4 – Corte das paredes, e profundidade de corte (cm)



Figura 5 – Instalação da tubulação, preenchimento dos cortes e pintura das paredes



Figura 6 – Transporte e posicionamento das paredes



Figura 7 – Detalhe do posicionamento das paredes sobre a prensa hidráulica

A execução do ensaio se deu a partir da aplicação de carga crescente e as leituras efetuadas em intervalos de 10 kN e registradas manualmente em planilhas elaboradas. O tempo necessário para o ensaio de cada parede foi de aproximadamente 20 a 25 minutos para permitir o registro manual das cargas. Próximo às cargas de ruptura, as paredes iniciavam um processo de fissuração, sendo então retirados os relógios comparadores para evitar sua danificação em função da possibilidade de ruptura brusca e queda das paredes. Foram instalados quatro pontos de contraventamento lateral para proteção dos equipamentos, técnicos e auxiliares, os quais apresentaram folgas de 20 mm em cada lado das paredes. Na Figura 7 podem ser visualizados os detalhes de posicionamento das paredes sobre a prensa, dispositivos de aplicação de carga, contraventamentos e relógios comparadores.

As leituras dos deslocamentos verticais realizadas através dos relógios comparadores foram medidas de acordo com a Figura 8 para cada parede, representadas pelos valores R13, R24 do Lado A e R57, R68 do Lado B. Tais valores foram corrigidos para os pontos extremos das faces, ou seja, para os cantos das paredes, e divididos pelas distâncias verticais entre os pinos, para a obtenção das deformações específicas, representadas pelos valores L13, L24 do Lado A e L57, L68 do Lado B, como mostrado também na Figura 9.

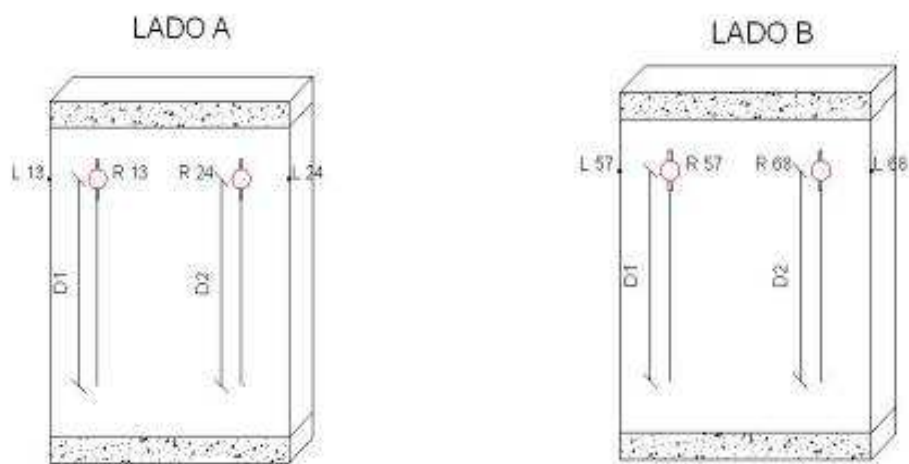


Figura 8 – Pontos de leitura dos deslocamentos verticais e corrigidos

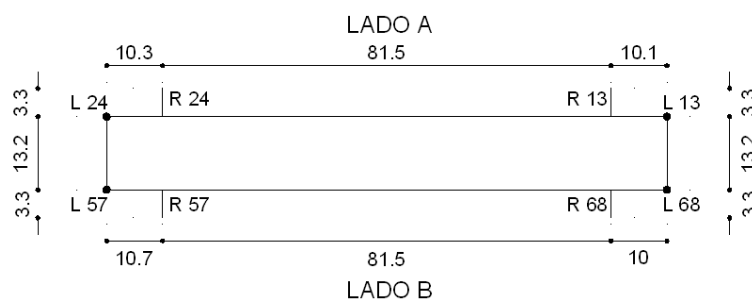
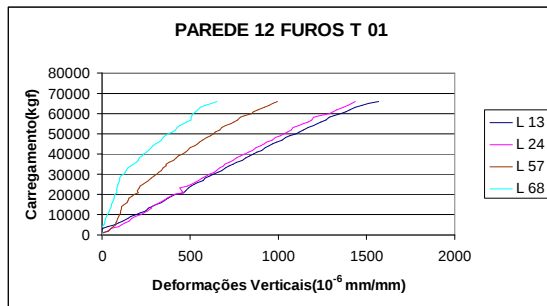


Figura 9 – Vista superior: deslocamentos verticais corrigidos e pontos de leitura

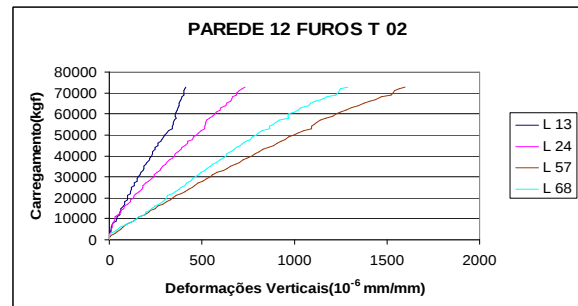
3. RESULTADOS

As leituras de carga e deslocamentos verticais relativos entre os pontos definidos nas paredes foram realizadas manualmente, sem dificuldades até atingir as cargas de 500 kN e então retirados os relógios comparadores por medida de segurança, sendo mantida a aplicação do carregamento até a ruptura. Os sistemas de contraventamento instalados foram determinantes com relação à segurança durante a execução durante o ensaio e principalmente quando da ruptura das paredes, os quais evitaram a queda lateral destas. Com relação aos deslocamentos horizontais das paredes, estes resultaram muito pequenos entre os pontos de avaliação realizados, optando-se por não avaliar tais resultados, pois em várias paredes não foram registrados deslocamentos horizontais relativos com o uso dos relógios comparadores disponíveis (0,01 mm).

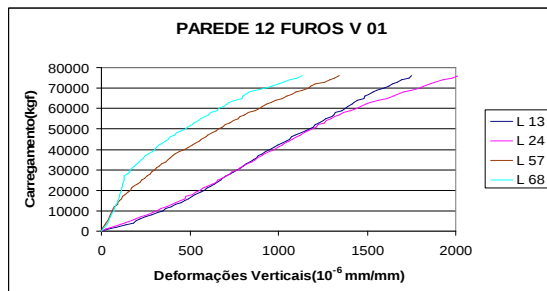
Curvas experimentais, carga vs. deformação vertical, foram traçadas para as paredes com blocos estruturais de 12 furos e 21 furos, para cada situação com duas repetições. De forma geral o comportamento carga vs. deformação mostrou-se linear durante o intervalo de leituras (Figuras 14 e 15), e com posterior rupturas frágeis. As deformações experimentais apresentam maiores variações entre os lados A e B (L13 e L24 para L57 e L68) das paredes, indicando excentricidades na direção lateral (lado A para lado B).



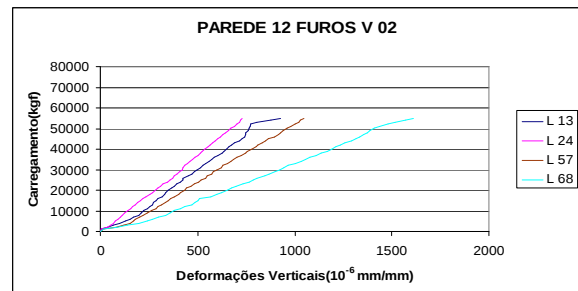
a) testemunho – P12T01



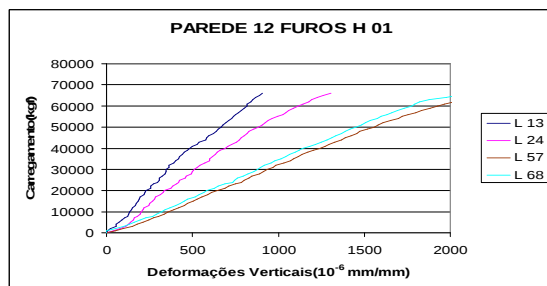
b) testemunho – P12T02



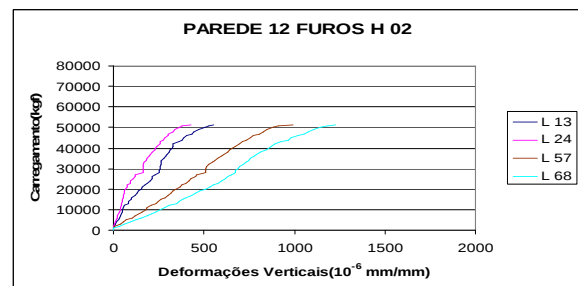
c) corte vertical – P12V01



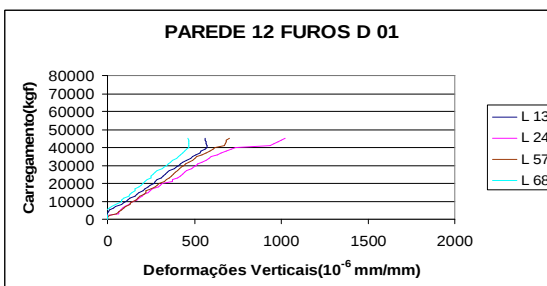
d) corte vertical – P12V02



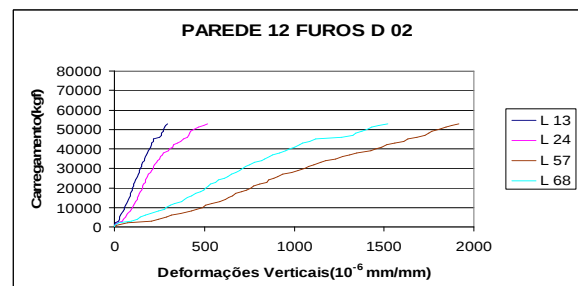
e) corte horizontal – P12H01



f) corte horizontal – P12H02



g) corte em diagonal – P12D01

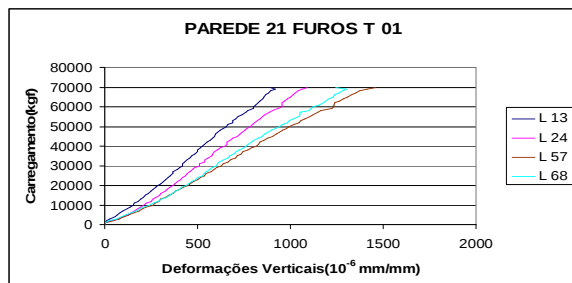


h) corte em diagonal – P12D02

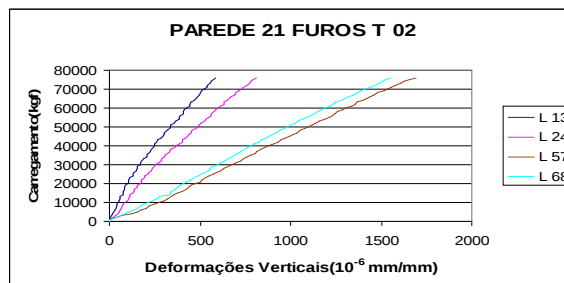
Figura 10 – Paredes com blocos de 12 Furos: curvas carga-deformação vertical

A ocorrência de excentricidades no carregamento axial, nas duas direções, torna-se quase inevitável, em função das dificuldades em realizar o perfeito posicionamento das paredes sob o alinhamento dos pontos de aplicação de carga da prensa. Pequenas excentricidades na direção da menor dimensão resultam em efeitos de flexo-compressão, significativos nas tensões, e em consequência nas deformações. Na Tabela 2 são apresentadas as deformações médias verticais correspondentes a carga de 500 kN, quando da retirada dos medidores de deslocamento para sua proteção. Também são apresentadas as cargas de início de

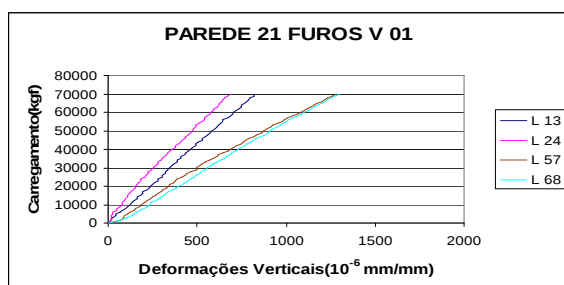
fissuras, cargas de ruptura das paredes e tensões médias últimas. Verifica-se que as maiores deformações experimentais médias foram das paredes com cortes horizontais, seguidas das com cortes diagonais, sendo as com cortes verticais e testemunhos muito próximos.



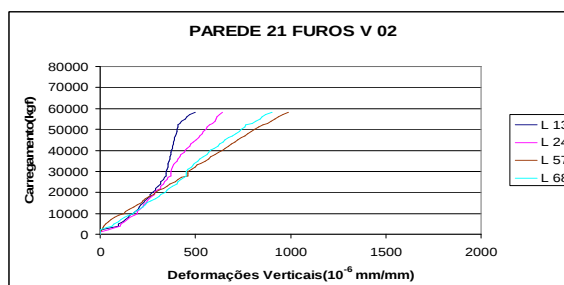
a) testemunho – P21T01



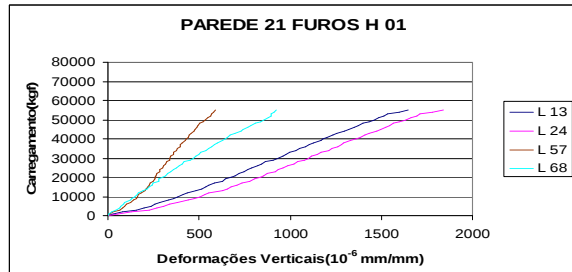
b) testemunho – P21T02



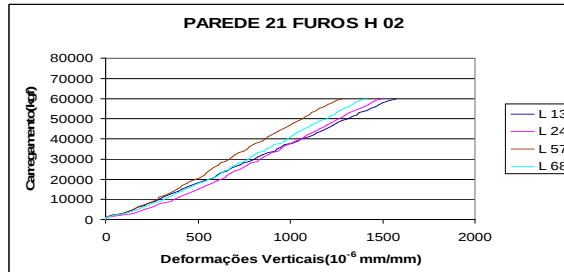
c) corte vertical – P21V01



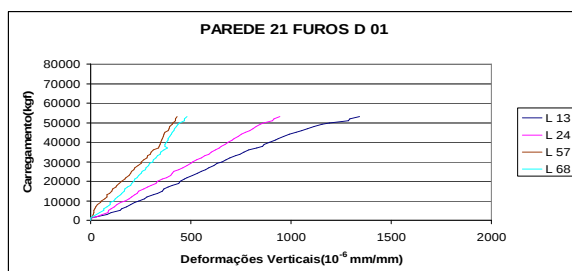
d) corte vertical – P21V02



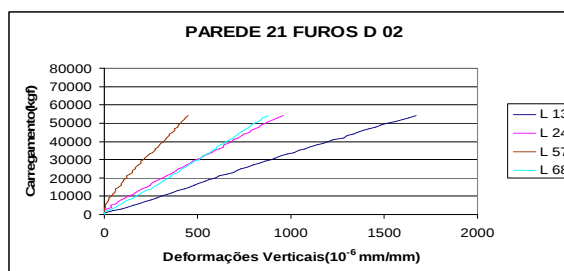
e) corte horizontal – P21H01



f) corte horizontal – P21H02



g) corte em diagonal – P21D01



h) corte em diagonal – P21D02

Figura 11 – Paredes com blocos de 21 Furos: curvas carga-deformação vertical

Para as paredes com blocos de 12 furos os cortes horizontais e diagonais apresentaram uma redução de carga última de 31,7% e 16,6%, respectivamente, sendo que os cortes verticais não apresentaram reduções em relação às paredes testemunho. Com relação às paredes de blocos estruturais de 21 furos observou-se

uma queda na carga de ruptura de 44% para os cortes horizontais, de 30,2% para os cortes diagonais e de 9,3% para os cortes verticais com relação às paredes testemunhos de 21 furos. Ainda, as paredes com blocos de 21 furos apresentaram maiores reduções de carga última em consequência da maior redução proporcional da seção transversal com os cortes, pois a espessura destas paredes é menor.

Durante os ensaios das paredes, observou-se visualmente o surgimento de fissuras verticais em todas as paredes, fissuras essas típicas em elementos sob carregamento axial, Figura 12.

Tabela 2 – Avaliação das cargas e deformações das paredes

Paredes com blocos de	Parede	Carga limite de leituras (t)	Deform. média corresp (10^{-6})	Carga início de fissuras (t)	Carga de ruptura (t)	Tensão média de ruptura (MPa)
12 furos	P12T01	50	792	63,00	72,90	5,38
	P12T02	50	680	62,71	77,96	5,85
	P12V01	50	917	65,87	90,16	6,83
	P12V02	50	936	56,92	85,86	6,54
	P12H01	50	1148	52,00	66,74	5,11
	T12H02	50	739	38,00	51,64	3,95
	T12D01	50	795	43,00	70,78	5,43
	T12D02	50	1013	41,00	63,00	4,80
21 furos	P21T01	50	845	59,00	76,62	6,98
	P21T02	50	725	78,76	89,72	8,19
	P21V01	50	728	73,00	87,74	7,98
	P21V02	50	637	47,61	64,36	5,85
	P21H01	50	1146	50,15	55,00	5,07
	T21H02	50	1329	57,23	60,46	5,50
	T21D01	50	764	37,04	58,94	5,32
	T21D02	50	905	43,20	68,80	6,26



Figura 12 – Exemplos de fissuras iniciais

Com o aumento das cargas, também foram visualizadas fissuras na argamassa de preenchimento dos cortes, para as paredes com cortes horizontais e diagonais, com posterior esmagamento quando da ruptura das paredes.

A ruptura das paredes apresentou-se frágil, verificando-se um aumento na abertura das fissuras verticais, seguidas de esmagamento da alvenaria, com grandes deformações laterais e, conseqüente, ruína das paredes. As argamassas de preenchimento dos cortes horizontais e diagonais também sofreram esmagamento e destacamento. Nas paredes com cortes horizontais, especificamente, ocorreu à formação de planos de cisalhamento, ligando os cortes em lados opostos. conforme Figura 13.

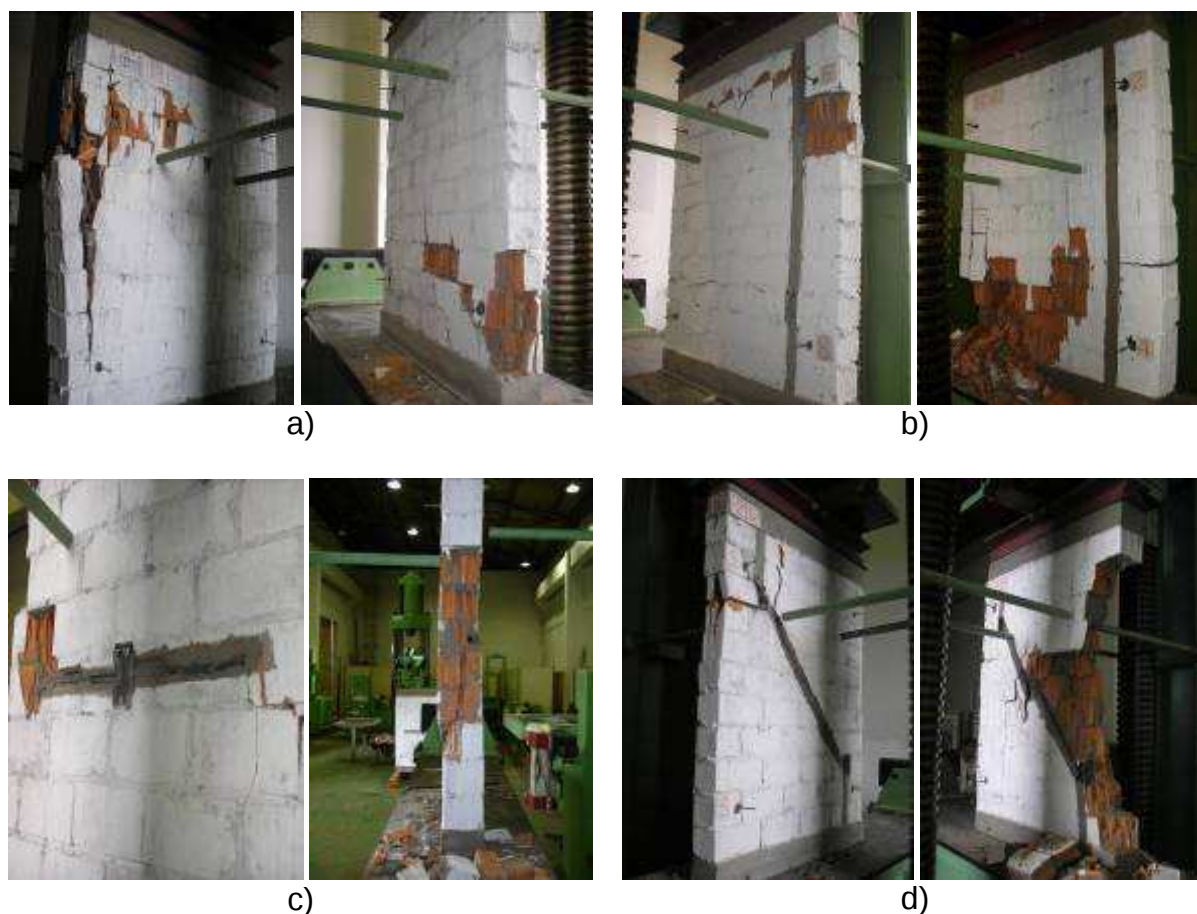


Figura 13 – Ruptura por compressão axial: a) testemunhos, b) com cortes verticais, c) com cortes horizontais e d) com cortes diagonais.

4. CONCLUSÕES

No presente trabalho buscou-se avaliar a influência dos cortes em paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, para o embutimento de tubulações, com relação à capacidade resistente. Para tanto foi realizado um estudo experimental para ensaio à compressão axial sob carregamento uniformemente distribuído, com um total de 16 paredes; sendo 8 confeccionadas com blocos cerâmicos de 12 furos na vertical e 8 com blocos cerâmicos de 21 furos na vertical. Para cada tipo de parede foram analisadas 4 diferentes situações muito utilizadas nas obras: paredes sem cortes como testemunhos, paredes com cortes verticais, horizontais, e diagonais, sendo avaliadas 2 paredes para cada situação.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que as paredes com cortes verticais apresentaram diminuição inferior a 10% da capacidade de carga em relação às paredes sem cortes. As paredes com cortes horizontais foram as que mais sofreram. Estas apresentaram uma diminuição na carga última de aproximadamente 30% e 44% para as paredes com blocos cerâmicos de 12 furos e 21 furos, respectivamente. Os cortes diagonais resultaram numa diminuição de 17% e 30%, respectivamente para as paredes com blocos cerâmicos de 12 e 21 furos.

As tensões médias na ruptura foram de 6,6 MPa para as paredes sem cortes, de 6,90 MPa para as paredes com cortes verticais 4,90 MPa para as paredes com cortes horizontais, de 5,45 MPa com cortes diagonais. A resistência característica individual dos blocos cerâmicos de 12 furos foi de 23,30 MPa e para os blocos de 21 furos foi de 20,13 MPa. Observa-se assim, que as tensões médias experimentais para as paredes, apresentam-se muito abaixo das obtidas nos ensaios dos blocos individuais, ou seja, entre 1/4 e 1/3 da resistência individual.

Conclui-se, finalmente, que os cortes horizontais e diagonais resultam em importantes diminuições na resistência a compressão de paredes de alvenaria estrutural, de maneira que esses devem ser evitados, uma vez que a NBR 10837 também não os recomenda. Caso sejam necessários cortes nessas direções, deve-se levar em consideração para o dimensionamento a redução na capacidade resistente das paredes com cortes.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à ITAIPU Binacional, que através do Laboratório de Tecnologia do Concreto, possibilitou a realização dos ensaios experimentais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SABBATINI, F. H. Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico. Diretoria de parcerias e apoio ao desenvolvimento urbano. Caixa Econômica Federal. 2003.
2. CAMACHO, J. S. Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1995.
3. GOMES, I. R. Simulação numérica do ensaio de compressão de prismas de alvenaria pelo método dos elementos finitos com comportamento de interface. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.
4. FRANCO, L. S. Alvenaria Estrutural – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa da disciplina Alvenaria Estrutural, PCC-2515. 2007.
5. SILVA, W. J. Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitas à ações verticais. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Universidade Estadual Paulista. 2003
6. COELHO, R. S. A. Alvenaria Estrutural. São Luis: Universidade Estadual do Maranhão, Notas de Aula.1998.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270 – Componentes cerâmicos. Rio de Janeiro. 2005.
8. KRUM, R. P. Avaliação experimental da resistência à compressão de paredes em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos sobre base elástica e rígida. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2006.