

COMPORTAMENTO DE PRISMAS DE BLOCOS DE VEDAÇÃO DE CONCRETO REFORÇADOS COM ARGAMASSA ARMADA

Fernando Artur Nogueira Silva(1); Romilde Almeida de Oliveira(2); Antônio Augusto de Azevedo(3); Laudemir de Vasconcelos Santos(4)

(1) Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Católica de Pernambuco – e-mail: artur@unicap.br

(2) Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Católica de Pernambuco – e-mail: romilde@unicap.br

(3) Aluno de Iniciação Científica – Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Católica de Pernambuco – e-mail: antonioaugustoca@hotmail.com

(4) Aluno de Iniciação Científica – Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Católica de Pernambuco – e-mail: laudemirsantos@gmail.com

RESUMO

Tem sido uma prática comum em muitos países em desenvolvimento a utilização de blocos de concreto de vedação com finalidade estrutural em construções residenciais multifamiliares de alvenaria. No nordeste do Brasil, podem-se encontrar milhares de construções em alvenaria de quatro andares feitas com este questionável procedimento construtivo e, nos últimos anos, algumas ruíram causando mortes. Depois destes acidentes, várias restrições foram impostas para o uso desta técnica construtiva e hoje não se pode utilizar este tipo de bloco em paredes estruturais em vários estados do nordeste do Brasil. Por outro lado, há um grande número de construções existentes que demandam trabalhos de recuperação para garantir adequadas condições de segurança aos habitantes. O artigo apresenta os resultados de uma pesquisa experimental, em andamento, que tem a finalidade de avaliar o comportamento estrutural de prismas de blocos de concreto de vedação recuperados com argamassa armada com telas soldadas. Foram examinadas duas tipologias de armação: uma com telas de aço galvanizado e outra com telas soldadas nervuradas de aço. Os resultados obtidos indicam um incremento na capacidade de carga compressiva dos prismas quando se utilizam revestimentos à base de argamassa armada.

Palavras-chave: Blocos de concreto, argamassa armada, recuperação, alvenaria, alvenaria estrutural.

ABSTRACT

It has been a common practice in many under developing countries the use of concrete blocks with low compressive strength as the main structural units in several residential masonry building. In the northeast of Brazil one can find thousands of four storey masonry building made with this arguable building procedure and in the last years some of them collapsed causing human beings deaths. After these accidents several restrictions were imposed to the use of this building technique and today one can not use low compressive strength concrete blocks in structural walls in several states of the northeast of Brazil. By the other side, there are a large numbers of existing buildings that demand retrofitting works to guarantee adequate safety condition to inhabitants. The paper presents the results of an experimental research that is being carried out to study structural behavior of this kind of blocks rehabilitated using reinforced mortar. Prisms were tested with and without addition of steel bars in order to evaluate their performance to compressive loading.

Keywords: Concrete blocks, ferrocement, rehabilitation, masonry, structural masonry.

1 INTRODUÇÃO

Existe um importante número de edificações construídas com blocos de concreto de vedação com finalidade estrutural em diversos estados do país. Uma característica recorrente neste tipo de sistema construtivo, e que tem sido observada com frequência nos acidentes ocorridos em edificações de quatro pavimentos na Região Metropolitana do Recife é o fenômeno da ruptura brusca e colapso progressivo, que significa uma situação de ruína rápida e em cadeia que se propaga a partir de uma ruptura localizada da estrutura da edificação, normalmente situada no seu embasamento.

A utilização de blocos de concreto de vedação com finalidade estrutural não encontra amparo em normas nacionais nem internacionais e, muito pelo contrário, as pesquisas desenvolvidas nesta temática indicam a não aplicabilidade deste tipo de bloco com finalidade de suportar cargas além do seu próprio peso. Não obstante esta contra-indicação é expressivo o número de edificações multifamiliares de quatro andares executado com esta tipologia construtiva. Acidentes já ocorreram, alguns com vítimas fatais, mas há ainda um passivo de edificações que podem entrar em colapso a qualquer momento. Uma questão importante é explicar porque outras ruínas não ocorreram, já que as condições propícias para tal estão presentes. Para se oferecer uma resposta consistente para esta pergunta, são necessárias pesquisas sobre o comportamento de elementos de alvenaria resistente (blocos de vedação com finalidade estrutural) para as cargas a que são usualmente submetidas considerando, inclusive, a eventual influência que os revestimentos de argamassa existentes sobre estas paredes possam exercer sobre a capacidade de carga das mesmas. O artigo apresenta resultados de pesquisa experimental sobre o comportamento de prismas de alvenaria de blocos de concreto de vedação reforçados com capa de revestimento resistente com e sem a adição de malha de aço.

2 IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

O presente estudo integra um extensivo projeto de pesquisa, em andamento, financiado pela FINEP e sob a coordenação executiva da Universidade Católica de Pernambuco. Tem entre seus objetivos a definição de diretrizes para análise e avaliação da segurança estrutural de edificações em alvenaria resistente - alvenaria com elementos de vedação assumindo função estrutural - e o desenvolvimento de modelos e procedimentos executivos de recuperação destas edificações. A fim de que este objetivo pudesse ser atingido primeiramente foi realizada uma caracterização dos materiais que são usualmente utilizados neste tipo de construção (blocos e argamassas), de forma que se pudesse dispor em laboratório das condições mais próximas da realidade executiva destas edificações. Os ensaios foram realizados em prismas compostos de três blocos. A importância da presente pesquisa ganha mais relevo ainda, na medida em que se constata a existência de um elevado número de edificações residenciais construídas com blocos de concreto de vedação com finalidade estrutural que apresentam manifestações patológicas, exigindo ações corretivas com grau de confiabilidade compatível, a fim de que sejam evitados mais acidentes.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Os resultados aqui relatados foram obtidos de pesquisa desenvolvida no Laboratório de Materiais e Estruturas da Universidade Católica de Pernambuco. A seguir apresentam-se os resultados da caracterização dos materiais utilizados nos ensaios.

A areia utilizada na confecção das argamassas de assentamento e revestimentos dos modelos ensaiados é a usualmente encontrada na Região Metropolitana do Recife e todo o lote foi adquirido da mesma jazida. A caracterização foi feita quanto aos seguintes aspectos: granulometria, coeficiente de inchamento, massa específica, umidade crítica, massa unitária, dimensão máxima característica e teor de materiais pulverulentos. A Tabela 1 a seguir sumariza os resultados dos ensaios realizados na areia utilizada que pode ser caracterizada como uma areia média.

Tabela 1 - Caracterização da areia natural utilizada

Dimensão máxima característica (mm)	4,8
Módulo de finura	3,2
Massa unitária (g/cm ³)	1,42
Massa específica (g/cm ³)	2,60
Inchamento	1,25
Umidade crítica (%)	3
Teor de material pulverulento (%)	1,26

As argamassas utilizadas, tanto no assentamento dos blocos quanto no revestimento, foram definidas a partir de uma mistura de cimento, cal e areia na proporção 1:1:6 em volume, traço também usual em obras de alvenaria resistente. A Tabela 2 a seguir apresenta os dados de caracterização da argamassa utilizada, obtidas através de ensaios de 15 corpos de prova, que corresponde à argamassa tipo N da ASTM (2003). Os cordões de argamassa de assentamento foram aplicados tanto nos septos longitudinais quanto nos septos transversais dos blocos.

Segundo a ABNT (NBR 8798), a argamassa deve ser aplicada em todas as partes do bloco para formar a junta horizontal e em dois cordões verticais nos bordos de uma das extremidades dos blocos para a formação da junta vertical. O não preenchimento dos septos transversais das juntas de assentamento causa uma redução da resistência à compressão e ao cisalhamento da alvenaria e, por esta razão, optou-se pela aplicação das argamassas de assentamentos em todos os septos dos blocos – assentamento total. Estudos em curso pretendem considerar a não aplicação da argamassa em todos os septos dos blocos.

Tabela 2 - Caracterização da argamassa de traço 1:1:6

Item	Valores médios
Resistência à compressão - MPa	5,68
Resistência à tração por compressão diametral – MPa	0,40
Densidade no estado endurecido (g/cm ³)	2,11

Os blocos de concreto utilizados na pesquisa são do tipo empregado para alvenaria de vedação e que têm sido largamente empregados como principais elementos resistentes às cargas aplicadas, nas edificações em alvenaria portante em alguns estados do Brasil. As dimensões nominais dos blocos foram de 9 x 19 x 39 cm, com uma área bruta da seção transversal igual a 351 cm² e área líquida igual a 216 cm². A resistência à compressão média, relativa à área bruta, foi obtida a partir dos ensaios de 15 exemplares, sendo valor foi de 2,3 MPa, com coeficiente de variação de 25%. Importante ressaltar que há pouca disponibilidade de informação sobre o comportamento estrutural de elementos de alvenaria executados com este tipo de bloco.

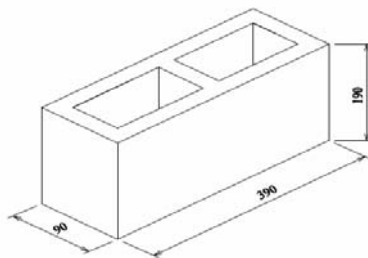


Figura 1 - Bloco de concreto de vedação utilizado nos ensaios

Foram utilizados dois tipos de armação: uma com telas de aço galvanizado e outra com telas soldadas nervuradas de aço. A tela galvanizada possui fios com diâmetro de 2,6 mm e espaçamento de 5 cm na direção horizontal e 10 cm na vertical, perfazendo uma área de aço de 1,06 cm²/m e 0,53 cm²/m,

respectivamente. A tela de aço é do tipo nervurada para concreto armado com especificação Q-138, com diâmetro dos fios de 4,2 mm e espaçamento de 10 cm nas direções horizontal e vertical, perfazendo uma seção de aço de 1,38 cm²/m nas duas direções.

A Figura 2 a seguir ilustra o processo de instalação dos dois tipos de tela no interior da matriz de argamassa, procedimento que procurou reproduzir as condições que são encontradas na prática.

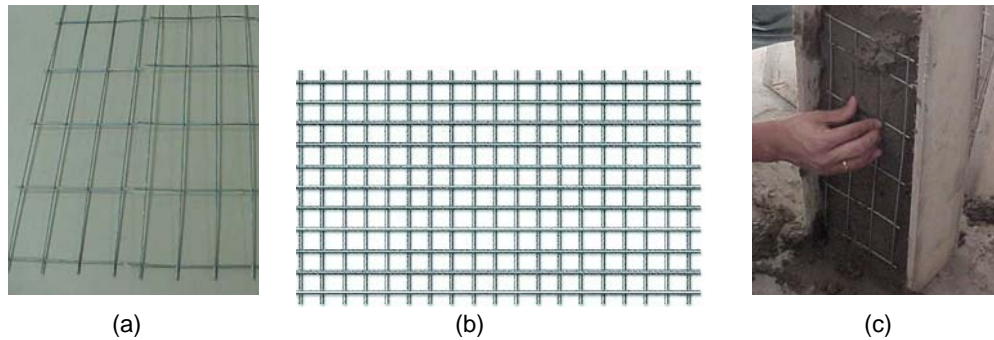


Figura 2 - Malhas de aço – (a) galvanizada e (b) nervurada - e disposição no interior da argamassa construtiva local deste tipo de edificação.

No total foram confeccionados 60 prismas, sendo 15 sem argamassa de revestimento, 15 com revestimento de argamassa no traço 1:1:6, 15 com revestimento e tela de aço galvanizado e 15 com revestimento e tela soldada nervurada de aço. O número de prismas a ser ensaiado foi determinado de tal forma que os resultados constituíssem amostras que apresentassem um nível de significância mínimo de 95%.

Os prismas foram compostos de três blocos de concreto ao longo da altura, conforme indicado na Figura 3, a seguir.

Em todos os prismas confeccionados, os blocos foram obtidos de um mesmo fornecedor e a argamassa de assentamento e revestimento foram executadas com o mesmo traço. A carga a que os prismas foram submetidos foi exclusivamente compressiva.



Figura 3 - Prismas de três blocos com revestimento

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos em termos da carga média de ruptura dos prismas ensaiados acham-se tabelados a seguir.

Tabela 3 - Carga de ruptura média dos prismas ensaiados

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desv. Padrão kN	COV %
Prisma sem revestimento	86,22	11,47	13,30
Prisma com revestimento e sem tela	148,23	19,90	13,42
Prisma com revestimento e tela galvanizada	187,30	14,11	7,53
Prisma com revestimento e tela eletrosoldada	223,43	17,07	7,64

Conforme pode ser observado da tabela anterior, o incremento na capacidade de carga decorrente da existência de revestimento no prisma foi significativo. Com efeito, no caso do revestimento sem tela, o aumento observado na carga de ruptura média foi de 72%, quando comparado com o prisma sem revestimento.

Quando se adicionou a tela de aço no interior da argamassa, observou-se um incremento na capacidade de carga do prisma revestido de aproximadamente 23%, para o caso de tela galvanizada, e de 50%, para o caso de tela eletrosoldada.

Este melhor desempenho da tela eletrosoldada pode ser atribuído às melhores condições de aderência e à uniformidade da seção de aço nas duas direções consideradas. Esta melhoria de performance dos prismas, decorrente da adição de telas de aço no interior da camada de revestimento, pode ser explorada para eventuais soluções de recuperação.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 a seguir exemplificam os modos de rupturas observados para os prismas ensaiados.



Figura 4 - Ruptura dos prismas sem revestimento



Figura 5 - Ruptura dos prismas com revestimento, sem tela

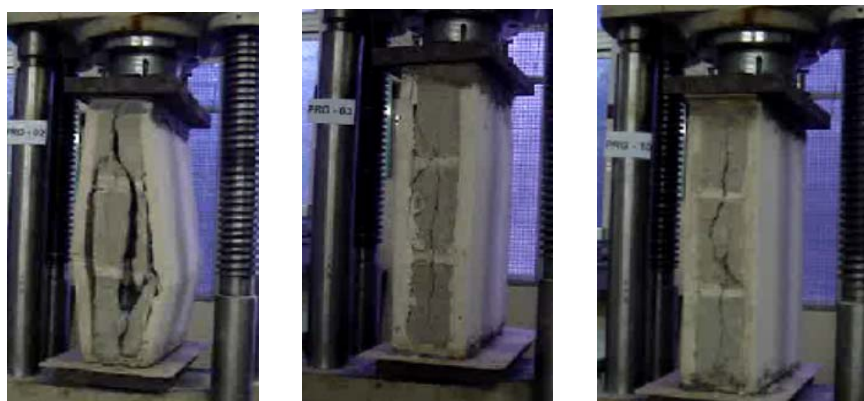


Figura 6 - Ruptura dos prismas com revestimento com tela galvanizada



Figura 7 - Ruptura dos prismas com revestimento com tela eletrosoldada de aço

No caso dos prismas sem revestimentos, as fissuras observadas se localizavam nas faces dos blocos e na superfície de assentamento dos mesmos. As primeiras apresentaram uma característica marcadamente aleatória ao passo que as segundas apresentaram um padrão com maior regularidade.

A ruptura observada foi menos brusca do que prismas sem revestimento feitos com blocos cerâmicos de vedação utilizados com finalidade estrutural e em alguns dos prismas foram observados “desfolhamento” das paredes dos blocos, conforme se vê na Figura 4. O fator de eficiência médio dos prismas sem revestimento foi de 1,06, o que significa dizer que a resistência do prisma foi superior em 6% à resistência do bloco isolado. Este fato tem sentido na medida em que o bloco utilizado tem baixa resistência à compressão e a argamassa de assentamento tem resistência muito superior à do bloco.

Para os blocos com revestimento, mas sem adição de tela de aço no interior da argamassa, o modo de ruptura mais freqüente acha-se indicado na Figura 5. Este tipo de ruptura foi caracterizado por um

processo de fissuração localizado nas faces anterior e posterior dos blocos, sugerindo uma ruptura gerada por tensões transversais de tração.

Para os blocos com revestimento e adição de tela de aço no interior da argamassa, o modo de ruptura mais freqüente acha-se indicado nas Figuras 6 e 7 foi semelhante àquele observado para os prismas com revestimento e sem tela. Merece destaque, entretanto, a melhora de performance gerada pela existência da tela de aço e o fato de que nos ensaios realizados foi nitidamente observada uma diferença de comportamento, caracterizada por uma ligeira alteração no processo de ruptura que, devido à existência desta tela, se mostrou menos brusca do que aquela observada nos prismas revestidos apenas com argamassa. De fato, o que se observa é uma transferência de carga dos blocos para as camadas de revestimento de argamassa, após o início do processo de fissuração.

Outro aspecto que merece registro foi a grande regularidade no valor da carga que causou a ruptura dos prismas revestidos com adição de tela de aço, tanto galvanizada quanto nervurada, que pode ser constatada pelo baixo valor do coeficiente de variação apresentado na Tabela 3, quando comparado com os prismas com revestimento e sem tela. Este comportamento mais regular deve ser atribuído exclusivamente à tela existente no interior da argamassa de revestimento, sendo possível inferir que o revestimento com a argamassa armada contribuiu para a capacidade de carga dos prismas desde o início do processo de carga, mas sua participação é mais efetiva quando os blocos não apresentam mais capacidade de suportar o carregamento aplicado. Esta regularidade de comportamento é um aspecto de importante relevância, na medida em que poderá tornar possível o processo de recuperação com nível de confiabilidade mais consistente.

Encontra-se em fase de ensaios o estudo do uso de conectores de aço ligando as duas camadas de revestimento bem como a aplicação da argamassa armada sobre camada existente de revestimento.

5 CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios experimentais realizados permitem extrair as seguintes conclusões;

- A capa de revestimento aplicada sobre as paredes dos prismas contribuiu para aumentar a capacidade de carga vertical dos elementos de alvenaria resistente estudados;
- Este aumento na capacidade de carga alcançou 72%, nos prismas com revestimento resistente e sem tela e 117% nos modelos com tela de aço galvanizados e 159% nos modelos com tela nervurada;
- A colocação da tela de aço galvanizado no interior da matriz de argamassa resistente do revestimento contribui para um incremento na capacidade de carga do prisma com revestimento da ordem de 23%;
- A colocação da tela de aço eletrosoldada no interior da matriz de argamassa resistente do revestimento contribui para um incremento na capacidade de carga do prisma com revestimento da ordem de 50%;
- O revestimento resistente, com e sem adição de tela de aço galvanizado, contribuiu para uma melhoria na rigidez dos prismas ensaiados;
- A existência da tela de aço no interior da argamassa de revestimento contribui para um melhor desempenho dos modelos estudados notadamente na uniformização da carga de ruptura dos blocos.
- Muito embora os ensaios realizados tenham mostrado que há incrementos na capacidade de carga vertical dos prismas ensaiados não se recomenda a utilização deste acréscimo de carga para garantir a estabilidade de paredes de alvenaria com blocos de vedação para suportar cargas além do seu próprio peso. A variabilidade e imprevisibilidade da forma de ruptura

aliado aos aspectos relativos à qualidade da mão-de-obra são fatores que têm grande interferência no comportamento global dos modelos ensaiados.

6 REFERÊNCIAS

ASTM C 270-02. **Standard Specification for Mortar for Unit Masonry**, Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.05, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2003.

R. A OLIVEIRA, C. W. A P. SOBRINHO. **Acidentes com prédios em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife**. in: DAMSTRUC, (2005): pp 285-292, João Pessoa: JP (BR).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8215 Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural: preparo e ensaio à compressão**. (1983) Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8949 Paredes de Alvenaria Estrutural: Ensaio à Compressão Simples**: (1985). Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798 Execução e controle de obras de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. (1985). Rio de Janeiro.

J. M. de F. MOTA. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, (2006): p. 135.

G. N. de A. NETO. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto**. Dissertação de Mestrado, Universidade Católica de Pernambuco, (2006): p. 84.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837 Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos e ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e ao Tecnológico - Brasil - pelo apoio financeiro concedido através do Edital MCT/FINEP/FVA-HABITARE - 02/2004, Convênio nº. 01.04.1050.00 - Projeto "Desenvolvimento de Modelo para Recuperação de Edificações em Alvenaria Resistente", que tornou possível a pesquisa da qual este trabalho faz parte.