



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

## FORMAS DE RUPTURA EM PRISMAS DE ALVENARIA RESISTENTE DE BLOCOS CERÂMICOS

**João Manoel F. Mota, M.Sc.**

Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco,  
Rua Zenóbio Lins, 50, CEP: 50.711-300, Recife, PE

[joao@vieiramota.com.br](mailto:joao@vieiramota.com.br)

**Romilde Almeida Oliveira, D.Sc.**

Professor Titular, Universidade Católica de Pernambuco  
Rua Caio Pereira, 226, CEP: 52041-010, Rosarinho, Recife-PE,

[romildealmeida@gmail.com](mailto:romildealmeida@gmail.com)

### Resumo

Na Região Metropolitana do Recife, construiu-se em larga escala, a partir da década de 70, edifícios tipo “caixão” com até quatro pavimentos, construídos com alvenaria de vedação tendo, no entanto, função estrutural. Essas construções foram executadas sem fundamentação técnica adequada e sem obedecer a prescrições normativas. Observa-se que nessas edificações, os materiais utilizados, especialmente os blocos cerâmicos, não apresentam requisitos de desempenho necessários para serem considerados estruturais. O cálculo da resistência à compressão das paredes dos edifícios construídos com este tipo de alvenaria, mostra que são insuficientes para resistir aos esforços a que se destinam, particularmente nos pavimentos inferiores. Torna-se assim imperativo investigar aspectos próprios do processo, buscando avaliar possíveis influências na resistência à compressão, bem como identificar as formas de ruptura dos prismas, nus e revestidos, tendo em vista que milhares de edifícios se encontram habitados. Este trabalho tem por objetivo analisar as formas de ruptura dos prismas constituídos de blocos cerâmicos vazados, assentados com os furos na horizontal. Verificou-se que a argamassa de revestimento tem significativa influência na resistência à compressão e na forma de ruptura desse tipo de alvenaria. Portanto, são necessárias investigações experimentais com o objetivo de obter um modelo de reabilitação dessas edificações, uma vez que esses edifícios se encontram em plena utilização, apesar de apresentarem elevados níveis de risco.

*Palavras-chaves:* alvenaria de vedação, prédios “caixão”, alvenaria de vedação, alvenaria estrutural, blocos cerâmicos de vedação.



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

## 1 Introdução

A partir do período colonial, observou-se a construção de diversos edifícios em alvenaria na Região Metropolitana do Recife, devido, fundamentalmente, à herança dos portugueses em utilizar essa prática construtiva, bem como à abundância de matéria prima para fabricação de tijolos cerâmicos.

Verificou-se uma verdadeira corrida a partir da década de 70 para a construção de edifícios populares com até quatro pavimentos, fomentada pelo Banco Nacional de Habitação. Inicialmente, foram executados edifícios contendo apartamentos com cerca de 100 m<sup>2</sup> de área construída, grande número deles sobre pilotis, onde a partir de uma grelha em concreto armado erguia-se a estrutura em alvenaria resistente. Entretanto, com as sucessivas crises financeiras que o país atravessou a partir do início dos anos 80, os apartamentos se condensaram e também passaram a ocupar todo pavimento térreo, resultando em unidades com área construída inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Estima-se que foram construídos com esse processo, cerca de seis mil edifícios nos quais habitam cerca de 250.000 pessoas, próximo de 10% da população da grande Recife. Destaca-se que os materiais e o processo construtivo não tiveram embasamentos em pesquisas tecnológicas e normas pertinentes, o que inevitavelmente resultou no surgimento de patologias diversas e vários acidentes, OLIVEIRA (2004).

Em diversos prédios foram utilizados em suas alvenarias, blocos cerâmicos vazados de seis ou oito furos retangulares geralmente com 9 cm de espessura, assentados à galga com os furos na horizontal. Em vários desabamentos ocorridos, em que foram empregados blocos cerâmicos, houve ruptura brusca nas fundações e colapso progressivo.

Nos acidentes ocorridos, constatou-se que os colapsos se deram a partir das paredes de fundação, situadas entre as sapatas corridas de concreto armado e o nível do pavimento térreo, os denominados embasamentos, OLIVEIRA (1997).

As verificações das paredes mais solicitadas sem considerar o revestimento, como prescrevem as normas de alvenaria estrutural, mostram que não são satisfeitas as condições de segurança. No entanto, edificações com idade superior 30 anos continuam resistindo aos esforços, o que leva à conclusão de que as argamassas de revestimento colaboram na resistência. A contribuição das argamassas de revestimento vem sendo comprovada através de resultados experimentais, MOTA (2006) e MOTA; ARAÚJO & OLIVEIRA (2006).

Este trabalho objetiva estudar as formas de ruptura em prismas de alvenaria de blocos cerâmicos destinados a vedação, empregados com função estrutural e assentados com furos na horizontal. Para tanto, serão mostrados resultados dos ensaios em prismas nas seguintes condições: não revestidos, apenas chapiscados nas duas faces e revestidos nas duas faces, com espessuras de 2 cm e 3 cm com dois tipos de traço em cada caso.

CAVALHEIRO (1991) e OLIVEIRA & HANAI (2002) estudaram pequenas paredes de alvenarias resistentes com características semelhantes às desse trabalho, excetuando-se que, os furos dos blocos cerâmicos foram arredondados. Concluíram que o revestimento aumenta a rigidez e a capacidade de suporte da alvenaria.

## 2 Materiais e Método

### 2.1 Materiais

Utilizou-se na fabricação dos prismas, os materiais: cimento Portland (CP II Z 32); cal hidratada cálcica CHI e areia natural cujo diâmetro máximo foi 4,8 mm, módulo de finura 2,36, umidade 5% e coeficiente de uniformidade 3. Os blocos cerâmicos tiveram dimensões médias (19,5 x 9,0 x 18,9 cm) e resistência à compressão média 2,85 Mpa.

### 2.2 Argamassas

As argamassas têm características e composições mostradas nas tabelas 01 e 02.

**Tabela 01 – Caracterização das argamassas**

Propriedades	Método	Resultados médios	
		Argamassas	
		1:1:6	1:2:9
Consistência (mm)	NBR 7215	203	245
Densidade de massa no estado fresco (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 13278	1,97	1,97
Densidade de massa no estado anidro (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 14086	1,21	1,21
Retenção de água (papel filtro) (%)	NBR 13277	93,7	92,8
Teor de ar incorporado (%)	NBR 13278	6,63	2,01
Variação de massa (%)	NBR 8490	-2,79	-4,32
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	NBR 7222	0,93	0,45
Resistência compressão. (MPa)	NBR 7215 NBR 13279	9,08	4,01
Módulo de elasticidade (GPa)	NBR 8802	8,72	3,13

**Tabela 02 – Composições das argamassas utilizadas**

Propriedades	Método	Resultados Médios	
		Argamassas	
		1:1:6 (volume)	1:2:9 (volume)
	NBR		
Traço em massa	13749	1:0,38:6,45	1:0,76:9,68
Relação água/cimento	-	1,14	1,94
Água/materiais secos	-	0,15	0,17

### 2.3 Método

As argamassas de assentamento e revestimento tiveram os seguintes traços:

- 1:3 (cimento e areia) em volume e 1:3,23 em massa, para o chapisco;
- 1:1:6 (cimento, cal e areia) em volume, para assentamento e revestimento, considerado traço médio.
- 1:2:9 (cimento, cal e areia) em volume, para revestimento, considerado traço fraco.

Foi estudada a resistência à compressão axial de seis amostras formadas por 15 réplicas cada. Essa quantidade adveio do estabelecimento do nível de significância de 95%. Para tal, necessitava-se de 12 réplicas, entretanto foi decidido por 15, havendo os seguintes tratamentos:

- prismas nus (P1);
- prismas com chapisco nas duas faces, com 0,5 cm de espessura por face (P2);
- prismas com chapisco e revestimento (traço fraco e médio) com 2,0 cm  $\pm$  2,0 mm de espessura nas duas faces (P3 e P4);
- prismas com chapisco e revestimento (traço fraco e médio) com 3,0 cm  $\pm$  3,0 mm de espessura nas duas faces (P5 e P6).

Vale efetuar as seguintes considerações:

- a cura dos prismas foi realizada ao ar ambiente, protegido;



## II CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

Associação Brasileira de Pontes e Estruturas



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

- seguiu-se o método B da norma NBR 8215 em seu item 1.2 que recomenda a determinação da resistência à compressão, através de prismas executados nas condições de obra, com os mesmos materiais e mão-de-obra que são comumente usados;
- os prismas foram transportados cuidadosamente do local de fabricação para o interior do laboratório, empregando-se talas de madeira, seguindo rigorosamente os cuidados prescritos na NBR 8215.
- Um amplo acervo fotográfico e de filmagem da grande maioria dos ensaios dos prismas foi realizado para melhor compreensão das formas de ruptura.

### 3 Resultados

#### 3.1 Ensaio dos prismas

Algumas características dos prismas estão indicadas na tabela 03 e na Tabela 04 os resultados dos ensaios de resistência conforme a NBR 8215.

**Tabela 03 – Algumas características dos prismas cerâmicos**

Características	Prismas (valores médios)					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Peso (Kg)	10,6	11,7	19,4	18,9	26,3	35,1
Permeabilidade à água com uso do cachimbo (maior valor medido em 15 minutos de contato) – Método: CSTC – Centre Scientifique et Technique de la Construcion	-	-	4,00	2,45	2,4	2,75
Resistência de aderência à tração da argamassa de revestimento (MPa) – Método: NBR 13528	-	-	0,22	0,36	0,31	0,39



## II CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS

Associação Brasileira de Pontes e Estruturas



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

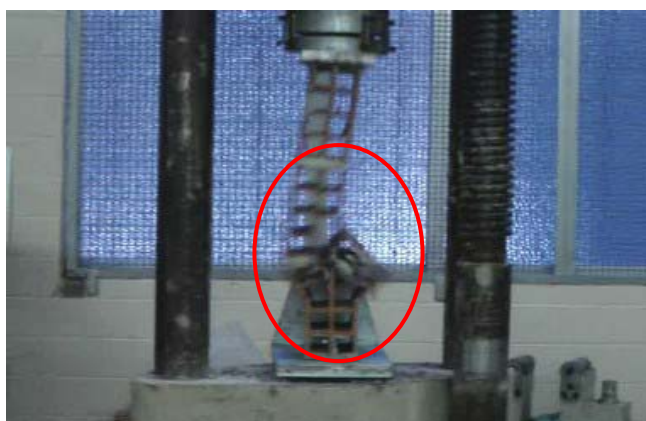
**Tabela 04 – Resistência à compressão dos prismas**

Prisma (Amostras)	Força média na ruptura (kgf)	Coefficiente de variação (%)	Incremento na força média (%)
P1	3.437,47	9,18	-
P2	4.345,72	9,87	26,42
P3	9.494,45	7,42	176,20
P4	12.641,91	8,69	267,77
P5	10.963,57	10,26	218,94
P6	14.538,58	13,10	322,94

### 3.2 Formas das rupturas dos prismas

#### 3.2.1 Prismas nus e chapiscados

As amostras dos prismas nus e apenas chapiscados apresentaram rupturas bruscas em todos os casos. Foi observado que o ponto crucial do processo de ruptura ocorre no instante em que se rompe o septo ligado à argamassa de assentamento, Figura (1a). Nas figuras (1b), (1c) e (1d) são mostradas as formas finais de ruptura dos prismas.



(1a)

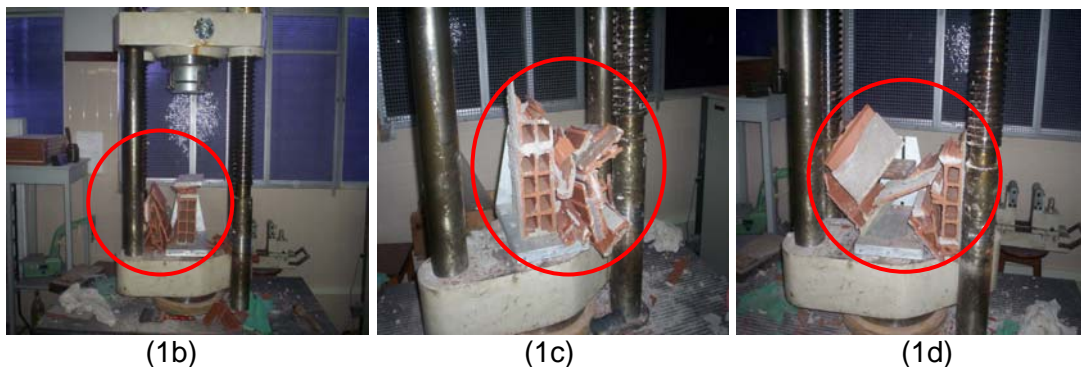


Figura 1 - Formas de ruptura dos prismas não revestidos (1a e b) e chapiscados (1c e 1d)

### 3.2.2 Prismas com revestimento de 2 cm de espessura

Os prismas ensaiados apresentaram rupturas, na grande maioria dos casos, por tração dos septos horizontais dos blocos cerâmicos. Os septos ligados à argamassa de assentamento rompem-se por último completando o processo de colapso. Nesse caso, a argamassa de assentamento deixou de estar triaxialmente comprimida passando a se deformar substancialmente nas direções horizontais, gerando deslocamentos laterais provocando a ruptura da camada da argamassa de revestimento nesta região e com conseqüente colapso. Nos demais casos, verificaram-se rupturas generalizadas, geralmente bruscas. Nas Figuras (2a) a (2f) são apresentadas as formas de ruptura. Estes fatos só foram possíveis de serem observados com clareza através das filmagens efetuadas, observadas em câmera lenta.

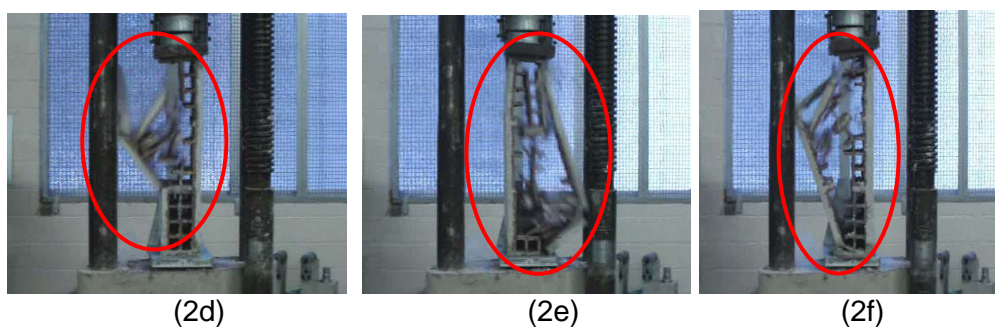
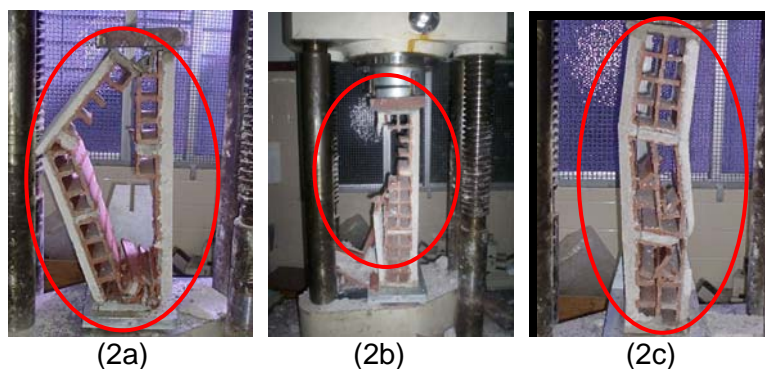


Figura 2 - Formas de ruptura dos prismas com revestimento de 2 cm

### 3.2.3 Prismas com revestimento de 3 cm de espessura

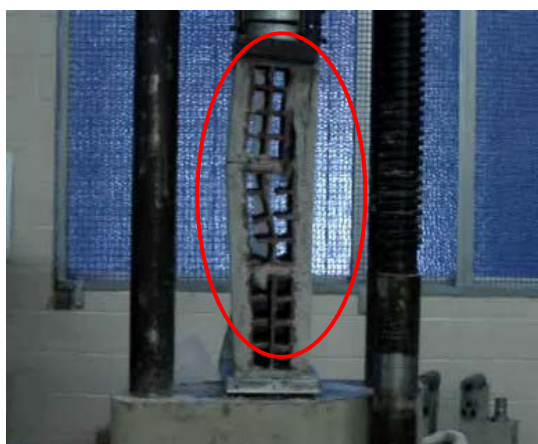
Na grande maioria dos prismas ensaiados com revestimento de 3,0 cm de espessura, observou-se que após a ruptura dos septos horizontais dos blocos cerâmicos por tração, ocorreu o rompimento por cisalhamento da capa de revestimento. A maior rigidez da capa de revestimento com 3 cm de espessura, na maioria dos casos, inibiu a deformação lateral excessiva após o desequilíbrio do estado triaxial de confinamento da argamassa de assentamento com os blocos cerâmicos. As Figuras (3a) a (3d) mostram as formas de ruptura dos prismas com 3 cm de espessura.



(3a)



(3b)



(3c)



(3d)

Figura 3 - Formas de ruptura dos prismas com revestimento de 3 cm



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

## 4 Conclusões

A análise e interpretação dos resultados das rupturas dos corpos-de-prova durante os ensaios e posterior estudo das fotos e filmes em câmera lenta, permitiram as seguintes conclusões:

- nos prismas não revestidos e nos prismas apenas chapiscados ocorreram rupturas bruscas;
- nos prismas de mesma espessura, não se verificou diferença na forma de ruptura quando se variou o traço da argamassa de revestimento;
- foi registrado em todos os ensaios dos prismas com revestimento, que inicialmente houve falência do bloco cerâmico, continuando as capas de revestimento resistindo como chapas;
- nos prismas revestidos com 2,0 cm de espessura, observou-se inicialmente as rupturas por tração dos septos horizontais, constatando-se que os septos ligados à argamassa de assentamento romperam-se por último, com posterior colapso da capa de revestimento;
- nos prismas com revestimento de 3,0 de espessura, foram observados que, após a ruptura dos septos horizontais dos blocos por tração, o rompimento por cisalhamento da capa de revestimento;
- observaram-se vários estalos durante o carregamento dos prismas, devidos aos rompimentos progressivos dos septos. Sons semelhantes foram testemunhados por moradores de edifícios que colapsaram.

## AGRADECIMENTOS

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

## 5 Referências Bibliográficas

CAVALHEIRO, O. P. **Comportamento de pequenas paredes de blocos cerâmicos de vedações comuns submetidos à compressão axial: Influência do revestimento e correlações com as resistências de prismas e de unidades.** UFSM, Santa Maria, 1991.



Rio de Janeiro, 12 a 14 de Outubro de 2007

MOTA, J. M. F. **Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos.** Dissertação de Mestrado. UFPE – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2006.

MOTA, J. M. F.; ARAÚJO G. N. & OLIVEIRA, R. A. **Influência da argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axial em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos.** XXXII Jornada Sulamericanas de Engenharia Estrutural. UNICAMP, Campinas – SP, 2006.

OLIVEIRA, F. L. & HANAI, J. B. **Análise do Comportamento de paredes de alvenaria construídas com blocos cerâmicos de vedação.** VII International seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Belo Horizonte, 2002.

OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina de Alvenaria Estrutural** – Mestrado de Estruturas, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

\_\_\_\_\_. **Relatório Final do desabamento do Edifício Aquarela.** Jaboatão dos Guararapes – PE. Recife – PE, 1997.