

Investigação experimental da resistência à compressão simples de prismas de blocos estruturais

Júlio César Cavalcante Damasceno¹, Joel Araújo do Nascimento Neto²

¹Aluno voluntário, ²Professor orientador, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Resumo

O trabalho ora proposto trata da análise experimental de prismas constituídos por blocos e tijolos cerâmicos, tendo como objetivo principal avaliar os parâmetros que influenciam a resistência à compressão desses prismas. O programa experimental constituiu em moldar prismas de dois e três blocos cerâmicos, e rompê-los à compressão simples. Os resultados dos ensaios indicaram que: a resistência à compressão do prisma é fortemente influenciada pela geometria do bloco que o constitui; o fator de eficiência do prisma diminui com o aumento da resistência do bloco e do índice de esbeltez; os tijolos com furos horizontais são inadequados para utilização com função estrutural, devido a sua baixa resistência à compressão.

Palavras-chave: resistência à compressão, experimentação, blocos cerâmicos, prismas

Abstract

This study deals with the experimental analysis of brick prisms. The main purpose was to evaluate parameters that alter the compressive strength of prisms. The experimental program consisted of manufacturing two and tree brick prisms. These prisms were then tested by simple compression. The results showed that: prism compressive strength is highly influenced by block geometry; prism efficiency decreases with an increase in block strength and prism height; and bricks with horizontal holes are inappropriate for structural purposes because of their low compressive strength.

Keywords: compressive strength, experimental, bricks, prism tests

Introdução

A norma técnica que especifica o cálculo de elementos de Alvenaria Estrutural, NBR 10837, se baseia no ensaio de corpos-de-prova representativos da alvenaria para determinar sua tensão admissível. Pode-se adotar como elemento representativo tanto o prisma quanto a parede. Parede é um corpo-de-prova que busca reproduzir as dimensões reais da alvenaria, possuindo dimensões mínimas iguais a 1,60 x 2,40 m (comprimento x altura), com juntas de argamassa verticais e horizontais. Prisma é definido como a justaposição de dois ou mais blocos unidos por juntas horizontais de argamassa, podendo ser oco ou preenchido com graute (micro-concreto). O ensaio com paredes conduz a um dimensionamento mais realista da alvenaria, porém são de difícil execução, além de apresentarem um custo elevado. Portanto, considera-se que o ensaio com prismas pode ser adotado como parâmetro básico para o projeto de elementos de alvenaria estrutural, sendo acessível à maioria dos laboratórios de ensaios.

A correlação entre as resistências de bloco, prisma e parede é denominada *eficiência*, e constitui, juntamente com a resistência de bloco, os parâmetros mínimos necessários para o dimensionamento da alvenaria estrutural. De acordo com Corrêa e Ramalho (2003), pode-se afirmar que, no Brasil, os blocos cerâmicos apresentam valores de eficiência contidos nas faixas 0,2 a 0,5 e 0,3 a 0,6, relativamente a corpos-de-prova de paredes e prismas, respectivamente.

A NBR 8215 (1983) preconiza que os prismas devem ser compostos por dois blocos, unidos por uma junta de argamassa com espessura média de 1 cm. Porém, prismas de três ou mais blocos de altura possuem formas de ruptura mais próximas da alvenaria, pois o bloco intermediário encontra-se livre do efeito do confinamento gerado pelos pratos da prensa de ensaio.

Objetivos

Dentro do contexto acima descrito, a pesquisa relatada neste artigo teve os seguintes objetivos:

- Avaliar os parâmetros que mais influenciam a resistência à compressão dos prismas;
- Analisar a possibilidade do uso de tijolos cerâmicos com furos na horizontal para fins estruturais, visto que constituía prática comum em algumas regiões do Nordeste o uso destes tijolos na execução de paredes estruturais.

Metodologia

Para que fossem atingidos os objetivos da pesquisa foram confeccionados prismas de dois e três blocos. Os prismas foram confeccionados com blocos produzidos por duas cerâmicas, uma situada em Natal e outra em João Pessoa, e três geometrias distintas. Foram moldados, ainda, prismas de dois tijolos simples de vedação com furos na horizontal.

O programa experimental realizado abrangeu duas etapas. Inicialmente foram realizados ensaios de caracterização física das unidades¹ e da argamassa. Os blocos tiveram caracterizados os seguintes parâmetros: dimensões reais, área líquida, absorção à água e peso específico. Com relação à argamassa, foi caracterizado o agregado miúdo constituinte do traço². Além disso, quando da execução dos prismas, moldaram-se corpos-de-prova de 10 cm x 5 cm (altura x diâmetro), cujos ensaios resultaram na resistência média à compressão simples de 5,0 MPa. Os ensaios de caracterização foram omitidos neste artigo, podendo ser consultados em Damasceno (2006).

Após os ensaios de caracterização, as unidades e os prismas foram ensaiados à compressão simples. Os prismas de blocos foram confeccionados com duas e três unidades, correspondentes a um índice de esbeltez³ igual a 2,79 e 4,21, respectivamente. Já os prismas de tijolos possuíam duas unidades de altura, resultando em índice de esbeltez igual a 4,33. A preparação e o ensaio das unidades e dos prismas seguiram as prescrições das normas NBR 6461 (1983) e NBR 8251 (1983), respectivamente.

Os blocos estruturais foram denominados como blocos A, B e C, em ordem crescente de resistência, todos eles possuindo dimensões nominais iguais a 29 cm x 19 cm x 14 cm (comprimento x altura x largura). Já os tijolos de vedação foram denominados como D, e possuíam dimensões nominais iguais 19 cm x 19 cm x 9 cm (comprimento x altura x largura).

É importante comentar que o bloco A é representativo das tipologias usualmente encontradas em obras de alvenaria estrutural nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Já os blocos B e C são especiais. Estes possuem maior espessura dos septos, buscando com isso um aumento de resistência.

Vale salientar que todos os ensaios foram realizados em prensa hidráulica com controle de força da marca WPM, à exceção dos tijolos e seus respectivos prismas, que foram rompidos em prensa hidráulica com controle de deformação da marca ANSLER. Todos os ensaios foram

¹ Unidade é a nomenclatura usualmente utilizada no meio técnico para denominar os elementos básicos das alvenarias: tijolos e blocos.

² Na confecção da argamassa, utilizou-se o traço 1:0,5:4,5 (cimento:cal:areia).

³ Índice de esbeltez obtido pelo quociente entre altura e largura do prisma.

realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, entre os meses de agosto de 2005 e julho de 2006.

Apresentação e Análise dos Resultados

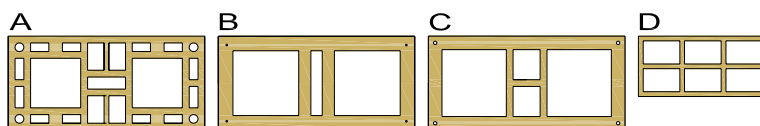
A Tabela 1 contém os resultados dos ensaios de resistência à compressão simples das unidades e dos prismas, assim como os valores dos correspondentes fatores de eficiência. Na tabela, f_{bm} representa a resistência à compressão média das unidades; f_{pm2} a resistência à compressão média de prismas confeccionados com duas unidades, f_{pm3} a resistência à compressão média de prismas confeccionados com três unidades, η_2 a eficiência dos prismas de duas unidades e η_3 a eficiência dos prismas de três unidades. Estes valores são indicativos dos tipos de blocos disponíveis na região do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Para se chegar a fatores de eficiência que possam ser adotados em rotina de dimensionamento de edifícios de alvenaria estrutural, é necessária a realização de maior quantidade de ensaios e de um adequado tratamento estatístico dos resultados obtidos.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão das unidades e dos prismas.

Tipo do bloco	Resistência à compressão simples				
	f_{bm} (MPa)	f_{pm2} (MPa)	f_{pm3} (MPa)	η_2	η_3
A	14,6 (9,9%)	8,9 (14,7%)	7,6 (14,2%)	0,61	0,52
B	20,2 (24,3%)	----	8,9 (17,2%)	----	0,44
C	26,8 (13,3%)	10,1 (8,1%)	7,7 (14,1%)	0,38	0,29
D	3,4 (11,2%)	1,7 (11,3%)	----	0,50	----

Observações:

- Os valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação;
- Todas as tensões estão referidas à área bruta.
- As unidades apresentavam as seguintes seções transversais:



A partir dos resultados percebe-se que a geometria do bloco influenciou significativamente na resistência à compressão. Observam-se acréscimos de 38,5% e 83,8% ao se passar do bloco de geometria A para os blocos de geometrias B e C, respectivamente. Uma possível causa para esses incrementos na resistência é que os blocos tipo B e C apresentam septos mais espessos, com furos menores destinados à uniformização da queima.

Os ensaios com tijolos demonstram a inadequação desta tipologia para paredes com função estrutural. Conforme se observa, a resistência alcançada pelos tijolos foi inferior a 4,5 MPa, que corresponde à resistência mínima estabelecida pela NBR 10837 para blocos estruturais. Da mesma forma, o correspondente prisma apresentou resistência muito inferior à obtida com o bloco tipo A.

O modo de ruptura apresentado pelos blocos se mostrou semelhante nas três geometrias, caracterizando-se pela ruptura frágil, de modo explosivo, com ocorrência de fissuração visível apenas em instantes próximos à ruptura. É importante comentar que antes do surgimento das fissuras visíveis perceberam-se alguns estalos, os quais podem ser associados à ocorrência de fissuração nos septos internos. Essa fissuração era seguida de pequena queda da força aplicada ao bloco, ocorrendo em seguida ganho na sua capacidade resistente, pois o bloco voltava a suportar acréscimo da carga aplicada devido à redistribuição de esforços. Os tijolos apresentaram comportamento semelhante quanto ao modo de ruptura. Resultados semelhantes foram obtidos por GARCIA (2000) e MENDES (1998) para blocos cerâmicos; JUSTE (2001) para blocos de concreto, e CAMACHO (1995) e NASCIMENTO NETO (2003) para cerâmicos em escala reduzida 1:3.

Em relação ao ensaio de prismas de blocos, verificou-se que o aumento da quantidade de fiadas resultou em uma diminuição da eficiência. Este decréscimo foi igual a aproximadamente 15% e 24% para os blocos A e C, respectivamente. Este comportamento reside no fato de que os prismas de três blocos são menos influenciados pelo efeito do confinamento gerado pelos pratos da prensa. Dessa forma, pode-se considerar que o ensaio com prismas de três blocos é mais representativo do comportamento das paredes de alvenaria estrutural.

Outro ponto a se destacar é a influência da resistência do bloco no fator de eficiência. Outros estudos apresentados na literatura indicam que blocos com resistência muito elevada (acima de 15 MPa) reduzem o fator de eficiência dos prismas, caso não sejam utilizadas argamassas mais resistentes. Este fato pode ser atribuído à diferença de deformabilidade entre o bloco e a argamassa. A argamassa, com menor módulo de deformação longitudinal, apresenta maiores deformações laterais que o bloco devido ao efeito de Poisson. Desse modo, é gerado um estado triaxial de tensões de compressão na argamassa, enquanto que o bloco fica submetido a tensões de compressão na direção do carregamento e de tração nas outras duas direções ortogonais. Quanto maior a diferença entre os módulos de deformação longitudinal da argamassa e do bloco, maiores serão as tensões de tração nesse bloco. Isto

evidencia a necessidade de se adotar argamassa com resistência à compressão não muito inferior a do bloco, principalmente quando se tratar de blocos de alta resistência, como os tipos B e C que foram analisados neste estudo. Resultados semelhantes foram obtidos por RIZZATTI (2003).

Os prismas confeccionados com tijolos de vedação apresentaram eficiência igual a 0,49, dentro do limite esperado para unidades cerâmicas. No entanto, o valor absoluto de sua resistência média foi bem inferior ao apresentado pelos prismas de blocos estruturais, chegando à diferença de 81% em relação aos prismas confeccionados com blocos do tipo A.

O modo de ruptura dos prismas foi caracterizado por uma ruptura brusca com o surgimento de fissuras visíveis próximo à ruptura, havendo em certos casos o destacamento de suas faces. Esse modo de ruptura é semelhante ao observado nos blocos. A Figura 1 apresenta registros dos corpos-de-prova no momento de sua ruptura, onde se observa o comportamento descrito anteriormente.



Figura 1 – Modos de ruptura experimentados pelos corpos-de-prova. (a) Unidades e (b) Prismas.

Conclusões

Com base nos resultados dos ensaios apresentados pode-se concluir o seguinte:

- A geometria do bloco é um fator importante na definição de sua resistência à compressão;
- Blocos com resistência elevada merecem atenção especial quanto ao comportamento dos prismas. Nestes casos, a argamassa passa a ter papel fundamental, devendo, portanto, ser mais bem fundamentada no quesito resistência;
- Os prismas de três blocos apresentaram, como era de se esperar, menor eficiência, no entanto podem ser considerados como os mais representativos da alvenaria produzida nos canteiros de obra, pois seus resultados são menos influenciados pelo atrito dos pratos da prensa de ensaio;
- Os ensaios com tijolos de furos na horizontal demonstram a inadequação destas tipologias com função estrutural, pois apresentaram resistências individuais e de prismas muito inferiores às obtidas com blocos estruturais.

É importante destacar a necessidade do desenvolvimento de outros estudos, pois o sistema construtivo em alvenaria estrutural, largamente utilizado em outras regiões do país, ainda está em fase de implantação na Região Nordeste. Dentre esses novos estudos pode-se citar:

- Avaliação da resistência de prismas grauteados;
- Determinação do módulo de deformação dos prismas;
- Verificação da influência da resistência da argamassa, ao se utilizar blocos de elevada resistência, e a definição das propriedades para essa argamassa.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983). NBR 6461 - Bloco cerâmico para alvenaria - Verificação da resistência à compressão- Preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1983). NBR 8215 - Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural - Preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (1985). NBR 10837 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT(1992). NBR 7171 – Bloco Cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro.

CAMACHO, Jefferson Sidney. Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica. **Tese** (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995, p.139.

DAMASCENO, Júlio César C.. Investigação experimental da resistência à compressão simples de prismas de blocos estruturais. **Relatório de Iniciação Científica**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006, p.35.

GARCIA, Patricia Domingues. Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000, p.115.

JUSTE, Andrea Elizabeth. Estudo da resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetida a esforços de compressão. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001, p.229.

MENDES, Ricardo Jose Kuerten. Resistência à compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998, p.200.

NASCIMENTO NETO, Joel Araújo. Estudo de painéis com abertura constituídos por alvenaria estrutural de blocos. **Tese** (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003, p.320.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Marcio R. S.. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RIZZATTI, Eduardo. Influência da geometria do bloco cerâmico no desempenho mecânico da alvenaria estrutural sob compressão. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003, p134.

Júlio César Cavalcante Damasceno

Base de Pesquisa: Estruturas e Materiais de Construção

Endereço eletrônico: julioccd_natal@hotmail.com

Endereço postal: Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitário, Natal/RN 59078-970 – Brasil