



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA GEOMETRIA DE BLOCOS CERÂMICOS NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

**Marcio R. do Nascimento (1); Fabiano Raupp-Pereira (2); Humberto R. Roman (3)**

(1) Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil -  
marcioprojetos@hotmail.com;

(2) Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil -  
rauppereira@yahoo.com.br

(3) Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil -  
humberto@ecv.ufsc.br

### **RESUMO**

A busca de uma geometria adequada para blocos cerâmicos aplicados em alvenaria estrutural é um importante fator para o desempenho mecânico deste tipo de sistema construtivo. Este trabalho visa estudar a influência da geometria na resistência mecânica de prismas no comportamento mecânico da alvenaria estrutural executada com diferentes blocos cerâmicos, através de esforços de compressão. Para a realização desse estudo foram utilizados blocos cerâmicos de empresas de Rio do Sul - Santa Catarina, com resistências nominais declaradas de 12 MPa e 15 MPa. Para a fabricação dos prismas foram utilizados traços de argamassa mista (cimento, cal e areia) que apresentaram fatores de eficiência prisma/bloco entre 0,4 e 1,0. Os resultados preliminares revelam que geometria dos blocos cerâmicos, exerce, em termos de resistência à compressão, influencia no comportamento mecânico de alvenarias construídas com elementos estruturais.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; geometria de bloco cerâmico.

## 1 INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural de blocos cerâmicos vem assumindo, nos últimos anos, importante posição no mercado brasileiro da construção habitacional.

Este sistema construtivo quando bem utilizado, minimiza índices de desperdício e demonstra um crescente interesse e aplicação por parte das construtoras. Nesse sentido a elaboração de normas específicas para alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, visando o uso de técnicas construtivas e de materiais adequados, fará com que a indústria cerâmica aumente a sua competitividade, estando à qualidade deste sistema intimamente ligado à busca de conjuntos de materiais que permitam um melhor desempenho. Assim, o desenvolvimento de pesquisas que otimizem o uso de produtos cerâmicos para a alvenaria estrutural poderá auxiliar no desenvolvimento deste importante setor industrial.

Sendo a alvenaria estrutural uma técnica construtiva baseada na resistência mecânica de paredes, a exatidão do comportamento mecânico representa maior segurança na elaboração de normas, no desenvolvimento de projetos e na diminuição de manifestações patológicas que possam ocorrer durante ou depois a execução da obra, que tem como consequência o comprometimento da estrutura e gastos com recuperações.

Assim, PRADO (1995), concluí que o principal fator que influencia na resistência à compressão dos prismas é a resistência da unidade. Entretanto STEIL e PRUDÊNCIO (2002) observaram que blocos de mesma resistência e rigidez, com furos de geometria distinta, podem produzir prismas que apresentem resistências à compressão e fatores de eficiências distintos, indicando a importância da geometria do bloco no comportamento mecânico da alvenaria. Logo, no conjunto construtivo bloco-argamassa, o bloco cerâmico assume um importante papel constituinte da parede, sendo que a geometria e a resistência dos blocos se tornam fatores fundamentais no comportamento mecânico da alvenaria estrutural.

Conforme a NBR15270-2 (2005), a geometria do bloco cerâmico estrutural é caracterizada pelos seguintes fatores: medidas das faces, espessura dos septos, espessuras das paredes externas dos blocos, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, área bruta e área líquida.

Segundo HENDRY (1981), a geometria do bloco, sua forma, a orientação e espessura dos septos, fatores que interferem na capacidade resistente das paredes.

Desta forma, o estudo de uma geometria adequada para o bloco é importante para que se consiga um melhor desempenho mecânico de ambos, bloco e alvenaria quando submetidos à compressão (SHRIVE, 1983).

GANESAN et al. (1988) observou também que o fator de eficiência entre prisma e bloco varia com a geometria do bloco e o tipo de assentamento. Em algumas geometrias de blocos e tipos de arranjo, aparecem concentrações de tensões que reduzem a resistência à compressão da alvenaria. Para os autores é necessário que a forma do bloco seja repensada a fim de que se aumente a eficiência de blocos estruturais.

GANESAN e RAMAMURTHY (1992) observaram que a geometria dos blocos altera os níveis de tensão crítica nos prismas de alvenaria de blocos vazados, conduzindo a diferentes capacidades de carga das paredes construídas com blocos de diferentes geometrias, mas com a mesma capacidade do bloco.

Mas segundo RIZZATTI (2003), apesar da geometria do bloco exercer influência sobre a resistência à compressão da alvenaria estrutural, existem outros parâmetros a serem considerados para a escolha de um bloco ideal, como por exemplo, a ocorrência de trincas, melhor queima, facilidade de manuseio e a qualidade das matérias-primas. SANTOS et al. (2007), analisando o desempenho mecânico de prismas de alvenaria estrutural construídos com três blocos, além de observar a influência da geometria no desempenho mecânico, também relata que fatores como processo de fabricação e qualidade das matérias-primas também interferem na resistência mecânica.

## 2 OBJETIVO

Sendo então a geometria do bloco um fator importante para a resistência à compressão da alvenaria estrutural, pretende-se avaliar a influência de duas diferentes geometrias e famílias de resistências de blocos cerâmicos no comportamento mecânico da alvenaria estrutural, através de esforços de compressão de sistemas prismáticos.

## 3 METODOLOGIA

Iniciou-se o desenvolvimento do trabalho experimental pela caracterização dos blocos e das argamassas de assentamento empregues em construções de alvenaria estrutural na região de Santa Catarina. Em seguida, avaliou-se o comportamento dos prismas, do conjunto bloco-argamassa com os materiais previamente caracterizados. Os ensaios com prismas são a base para projeto estrutural, uma vez que ensaios das unidades componentes da alvenaria não apresentam boa correlação com aqueles sob condições de utilização das estruturas. Segundo LA ROVERE e RODRIGUES (1997), para valores mais significativos de resistência à compressão de prismas de alvenaria deve-se utilizar prismas com no mínimo três blocos cerâmicos.

Assim, neste trabalho, para os ensaios de compressão da carga de ruptura pela área bruta, foram construídos quatro prismas com três blocos de altura, com argamassamento total. O procedimento de moldagem foi realizado de acordo com a NBR 15270-3 (2005) e foi fixada a altura da junta de 1 cm. A resistência à compressão dos prismas foi obtida aos 28 dias da moldagem.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Bloco Cerâmico

Para a realização desse estudo foram utilizados dois lotes produzidos em datas diferentes, contendo blocos cerâmicos com resistências nominais declaradas de 12 MPa e 15 MPa, com geometrias distintas (Figura 1).

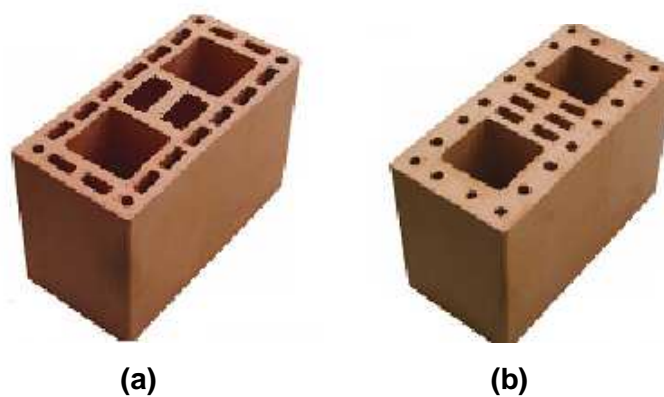


Figura 1 - Geometria dos blocos cerâmicos: (a) família de resistência nominal de 12 MPa e (b) família de resistência nominal de 15 MPa.

Inicialmente, fez-se a verificação das variações dimensionais dos blocos estudados de acordo com a NBR 15270-3 (2005), cujos resultados estão separados por resistências nominais. Na tabela 1 encontram-se as características geométricas médias encontradas para os diferentes blocos cerâmicos.

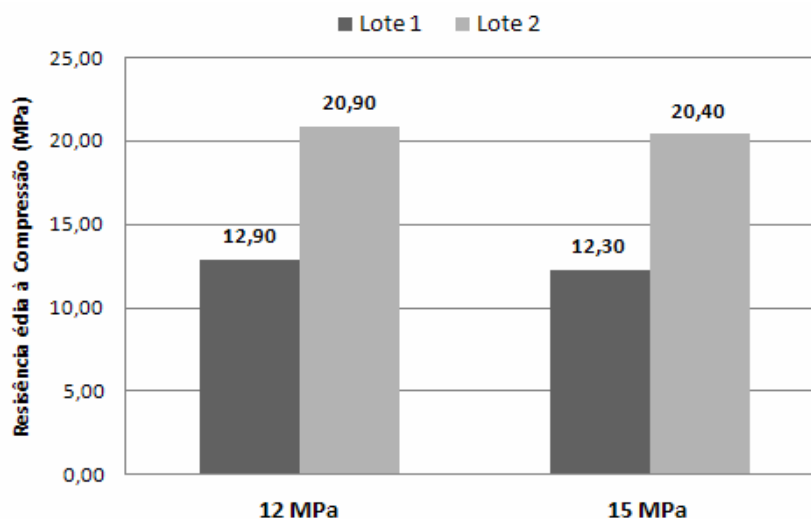
Analisando características geométricas dos blocos observa-se que com o aumento da área líquida há um aumento da resistência nominal. Porém, os ensaios de resistência à compressão podem indicar se este aumento na área líquida também afeta a resistência média dos blocos e dos prismas ensaiados.

**Tabela 1** - Valores médios das dimensões, da área bruta, da área líquida, da absorção de água para lotes com diferentes resistências nominais de bloco cerâmico.

Resistência Nominal	Lote	Dimensões (mm) e (CV - %)			Massa dos Blocos (kg) e (CV - %)	Área bruta (cm <sup>2</sup> ) e (CV - %)	Área líquida (cm <sup>2</sup> ) e (CV - %)	Absorção de água (%) e (CV - %)
		Largura	Altura	Comprimento				
12 MPa	L1	139,5 (0,5)	188,2 (0,8)	291,1 (0,5)	7,1 (0,3)	406,1 (0,9)	215,0 (2,4)	17,4 (0,8)
	L2	141,0 (0,0)	195,5 (0,3)	292,5 (0,2)	7,2 (0,2)	412,4 (0,7)	218,4 (1,9)	17,1 (0,6)
15 MPa	L1	137,7 (0,6)	189,0 (0,3)	290,2 (0,1)	7,5 (0,2)	399,5 (0,7)	251,9 (2,0)	17,2 (0,7)
	L2	140,2 (0,3)	197,5 (1,0)	291,0 (0,5)	7,6 (0,6)	408,0 (0,6)	257,3 (1,8)	16,8 (0,7)

Nota: CV – Coeficiente de variação.

Desta forma, após os ensaios de resistência à compressão para as amostras dos blocos cerâmicos das duas geometrias distintas, obteve-se os seguintes valores médios de resistência à compressão para cada uma das geometrias (Gráfico 1).



**Gráfico 1** – Resistência Média obtida para as amostras de blocos com resistências nominais de 12 MPa e 15 MPa.

Analisando os resultado do Gráfico 1, observa-se que no Lote 1, o bloco de 15 MPa apresenta valores de resistência média abaixo da sua resistência nominal, e apresenta valores inferiores a resistência média do bloco de 12 MPa. Analisando as áreas líquidas encontradas para cada geometria neste Lote 1, observa-se que o aumento da área líquida não resultou no aumento da resistência à compressão dos blocos.

No Lote 2, novamente a resistência média à compressão do bloco de 12 MPa é superior a resistência média do bloco de 15 MPa. Porém, neste lote 2, ambas as resistências médias à compressão dos dois blocos são superiores a suas resistências nominais.

Os blocos de 12 MPa e 15 MPa apresentam características dimensionais semelhantes, porém os valores de resistência média do bloco de 12 MPa ligeiramente superiores aos dos blocos de 15 MPa, o que indicam que a forma, distribuição e espessura de paredes e septos influenciam na resistência dos

blocos. Porém a variação de valores de resistência média para ambos os lotes pode ser proveniente do controle inadequado tanto do processo de fabricação dos blocos quanto da qualidade da matéria-prima empregada em sua fabricação.

Observou-se que a massa do bloco de 15 MPa é maior que a do bloco de 12 MPa, o que seria um indicativo de que sua resistência seria maior. Porém o bloco de 15 MPa apresenta menor resistência média à compressão, demonstrando que esta variação de resistência pode ser proveniente da diferença entre a forma dos blocos ou de outros fatores, como deficiência no processamento, presença de porosidade ou de fissuras. Entretanto, visualmente, não foram observadas fissuras ou algum outro fator que comprometesse a resistência à compressão dos blocos.

## 4.2 Argamassa de Assentamento

Os traços utilizados das argamassas de assentamento são normalmente em função da resistência dos blocos cerâmicos e para este estudo foram utilizados os traços em volume de 1:0,5:4 (cimento:cal:areia). As matérias-primas utilizadas nas argamassas (cimento CP IIF 32, cal hidratada do tipo CH III e areia fina e média seca) bem como suas características físicas foram obtidas de acordo com a NBR 7211 e NBR 7251, e encontram-se relacionados nas tabelas 2 e 3. A resistência a compressão média encontrada de acordo com a NBR 13279 (2005) para esse traço de argamassa para três corpos de prova foi de 6,25 MPa, conforme tabela 4.

**Tabela 2** - Caracterização dos materiais utilizados nas argamassas.

Material	Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> )	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )
Cimento - CP II F - 32	1,13	3,08
Cal Hidratada do tipo CH III	0,70	2,17
Areia Fina	1,51	2,63
Areia Média	1,32	2,30

**Tabela 3** - Caracterização granulométrica do agregado natural utilizado

Abertura da malha (mm)	Porcentagens retidas acumuladas	
	Areia Fina	Areia Média
4,8	0	0
2,40	0	0
1,20	0	11
0,60	4	30
0,30	32	67
0,15	88	89
Fundo	100	100
Módulo de Finura	1,25	1,98

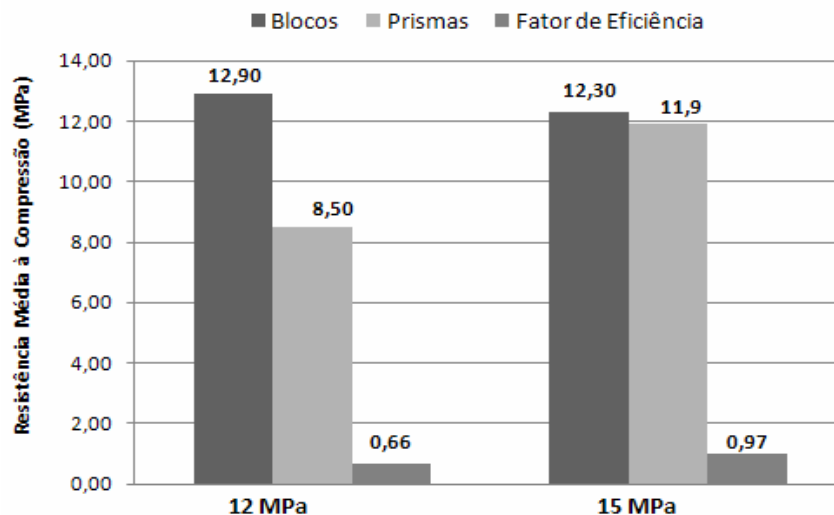
**Tabela 4** - Resistência à compressão da argamassa 1:0,5:4 para 28 dias.

C.P. NR.	ÁREA (mm <sup>2</sup> )	CARGA (N)	RESISTÊNCIA (MPa)
1	1.963,50	12.030,00	6,13
2	1.963,50	12.130,00	6,18
3	1.963,50	12.680,00	6,46
Resistência Média:			6,25 MPa
Desvio-padrão:			0,18 MPa
Coef. de variação:			2,85 %

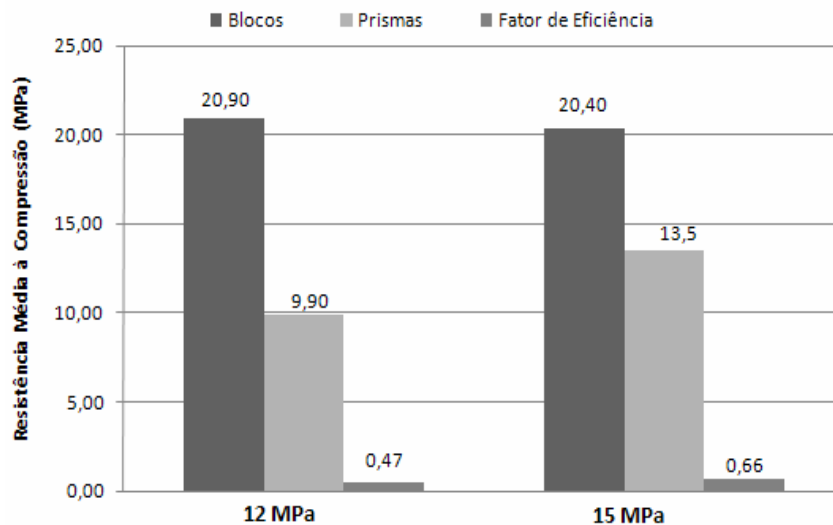
### 4.3 Prismas de Blocos Cerâmicos

Os valores médios de resistência à compressão para cada um dos prismas, construído com os blocos de resistências nominais e geometrias distintas, para os Lotes 1 e 2 são apresentados nos Gráficos 2 e 3, respectivamente. Analisando o Lote 1 (Gráfico 2), observa-se que a eficiência do bloco de resistência nominal de 15 MPa foi maior que a eficiência do bloco de 12 MPa, porém sua resistência média a compressão é inferior a resistência nominal discriminada, como já foi observado anteriormente.

Esse valor de eficiência para os prismas dos blocos de 15 MPa pode ser em função das amostras coletadas para os ensaios dos blocos isolados, que tiveram valores de resistência média abaixo do esperado para essa família de blocos. Logo esse fator de eficiência de 97% não indica que os prismas confeccionados com blocos de 15 MPa sejam mais eficientes que os prismas confeccionados com blocos de 12 MPa, prejudicando o desenvolvimento deste estudo.



**Gráfico 2** - Resistência média à compressão do bloco e prisma, juntamente com o fator de eficiência para os blocos cerâmicos com resistência nominal de 12 MPa e 15 MPa – Lote 1.



**Gráfico 3** - Resistência média à compressão do bloco e prisma, juntamente com o fator de eficiência para os blocos cerâmicos com resistência nominal de 12 MPa e 15 MPa – Lote 2.

Analisando o Lote 2 (Gráfico 3), observa-se que os valores de resistência média dos prismas confeccionados com os blocos de 15 MPa continuam maiores que a resistência média dos prismas com blocos de 12 MPa. A eficiência dos prismas com blocos de 12 MPa para este Lote 2 foi menor que a do Lote 1, porém a resistência média à compressão do prisma foi superior ao valor encontrado no Lote 1. Essa diferença se deve ao alto valor de resistência média encontrado para o bloco de resistência nominal de 12 MPa para este Lote 2. A eficiência dos prismas confeccionados com os blocos de resistência nominal de 15 MPa diminuiu para este Lote 2, porém a resistência média à compressão dos blocos é superior ao valor nominal discriminado de 15 MPa.

Com valores de resistência média à compressão acima dos valores nominais de resistência para ambos os blocos, os valores de eficiência deste Lote 2 são mais representativos que os valores encontrados para o Lote 1. Quando analisados individualmente os blocos de 12 MPa apresentaram valores de resistência média à compressão maiores que os valores dos blocos de 15 MPa, porém nos ensaios de prismas esse comportamento não se manteve, indicando que além da influência da geometria, o processo de fabricação e matéria-prima empregada na fabricação dos blocos ainda são fatores importantes a serem considerados no comportamento da alvenaria estrutural.

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados preliminares revelam que a geometria dos blocos cerâmicos, exerce, em termos de resistência à compressão, influência no comportamento mecânico de alvenarias construídas com elementos estruturais. Porém devem ser levados em consideração outros fatores, como processo de fabricação e qualidade da matéria-prima empregada na fabricação dos blocos, pois estes fatores também influenciam na resistência mecânica de blocos e prismas.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto - especificação. Rio de Janeiro, 1985.

\_\_\_\_\_. NBR 7251: Agregados em estado solto – determinação de massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.

\_\_\_\_\_. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR15270-2: Componentes Cerâmicos Parte 2: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos.. Rio de Janeiro, RJ. 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-3: Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

GANESAN T. P. et al. Structurally efficient hollow concrete blocks in load bearing masonry. Proc. 8<sup>th</sup> IBMAC. Elsevier, London, 1988.

GANESAN,T.P., RAMAMURTHY,K. Efficient Hollow Block Geometries for Masonry Under Eccentric Compression, Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries,p.108-115, Madras, India. 1992.

HENDRY, A.W. Structural Brickwork. The Mac-Millan Press, 1981.

ROVERE, Henriette Lebre La ; RODRIGUES, R. M. . Análise do Comportamento Mecânico de Prismas de Alvenaria de Blocos de Concreto Pelo MEF. In: XXVIII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural, 1997, São Carlos. Anais - Estruturas e Fundações, 1997. v. 1. p. 179-188.

RIZZATTI, E. Influência da Geometria do Bloco Cerâmico no Desempenho Mecânico da Alvenaria Estrutural sob Compressão. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2003.

PRADO, S. H. Resistência à compressão de tijolos e blocos cerâmicos de diferentes formas e dimensões. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 1995.

SANTOS et al. Desempenho de Prismas e Paredes Construídas com Diferentes Geometrias de Blocos Cerâmicos. 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Salvador, BA. 2007.

SHRIVE , N. G. A fundamental approach to the fracture of masonry. Third Canadian Masonry Symposium. University of Alberta, Edmonton. 1983.

STEIL, R. O.; PRUDÊNCIO L. R. Influência da geometria do bloco no fator de eficiência das alvenarias estruturais de blocos de concreto. In: VII INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 2002, Belo Horizonte. Proceedings... Belo Horizonte: CEFET-MG. 2002. p. 35-42.