

INTERFERÊNCIA DA ESPESSURA DA JUNTA DE ARGAMASSA NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ALVENARIA ESTRUTURAL*

Afonso Rangel Garcez de Azevedo¹

Ana Luiza Campinho Paes²

Jonas Alexandre³

Larissa Campos Granato Botelho⁴

Thuany Espírito Santo de Lima⁵

Euzébio Bernabé Zanelato⁵

Markssuel Teixeira Marvila⁶

Niander Aguiar Cerqueira⁷

Victor de Souza Barbosa⁸

Resumo

A técnica de alvenaria estrutural é um sistema usado desde a antiguidade, ganhando notoriedade a partir da segunda metade do século XX, e sendo largamente utilizada na atualidade, principalmente em países com alta tecnologia como os países europeus e Estados Unidos. A simplicidade de seu processo executivo, rapidez de construção, redução de desperdícios de material, geram um menor custo da obra como um todo, levando os construtores a optarem por esse método. Nesse sistema não há vigas e pilares, e a função estrutural é desempenhada pelas paredes, formadas por blocos unidos por argamassa de assentamento, e diferentemente do sistema convencional, o controle de qualidade deste sistema deve ser muito rigoroso, uma vez que pequenas falhas podem causar danos irreparáveis na estrutura. Assim, os blocos e a argamassa devem trabalhar em comum acordo para receber e distribuir os esforços pela estrutura sem causar danos. O objetivo deste trabalho é uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de avaliar a influência da espessura da argamassa de assentamento em prismas de alvenaria com bloco estrutural, para isso foram pesquisados diferentes autores e feitas comparações entre seus estudos. Pode-se concluir que com o aumento nas juntas de argamassa nos blocos gera-se uma redução da resistência do prisma influenciando o sistema estrutural.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; Argamassa; Espessura de junta.

THICKNESS INTERFERENCE IN THE MORTAR RESISTANCE OF STRUCTURAL MASONRY

Abstract

Structural masonry tecnics is a system used since antiquity, getting notoriety from the second half of twentieth century, being used widely nowadays, mostly in countries with high technological level, like European countries and United States. The simplicity in its executive process, quick construction, material waste reduction, resulting in a lower cost of the work as a whole, leads the constructor to choose this method. In this system there are no beams and columns, and the structural function is executed by walls, wich are formed by bricks joined by laying mortar, and diferently of conventional system, the quality control has to be very rigorous, once that small flaws can cause an irreparable damage. Thus, brick and mortar have to work as one to receive and distribute the loads through the structure without cause harms. So, in this work was made a bibliographic research in order to evaluate the influence of laying mortar thickness at masonry prisms with structural brick, for this were searched different authors and were made comparisons between their studies. According the biography, the increase of mortar joints cause a decrease of prism resistance..

Keywords: Structural masonry; Mortar, Mortar thickness.

¹ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, TER, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

² Engenheira Civil, mestranda em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

³ Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁴ Engenheira Civil, mestranda em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

⁵ Engenheiro(a) Civil, mestre em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

⁶ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

⁷ Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

⁸ Engenheiro Mecânico, doutorando em Engenharia Mecânica, TEM, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Utilizada amplamente há milhares de anos, a alvenaria estrutural, constituída de tijolos de barro (inicialmente com pouca resistência) e cimento, ou pedra, é possivelmente o material mais usado em construções, tanto antigamente como nos dias atuais [1]. Apesar da maioria dos seus projetos serem feitos de forma empírica mesmo atualmente, um avanço significativo nos estudos desse método construtivo tem sido realizado por meio de pesquisas, com o objetivo de tornar a alvenaria estrutural um processo fundamentado cientificamente [2].

Suas construções datam desde o início da atividade humana, com blocos de diferentes materiais, como argila, primeiramente seca ao sol, passando a ser queimada para aumentar sua resistência, e pedra. Nesse início, os vãos eram feitos com dimensões relativamente pequenas, uma vez que a construção era basicamente de blocos um sobre o outro. Com o intuito de aumentar os vãos, eram utilizadas vigas de materiais diferentes como madeira, entretanto causava problemas na durabilidade, levando em consideração que a durabilidade da madeira é inferior à do bloco [3].

Sabendo que o conceito de distribuição de tensões nesse método é por meio de tensões de compressão, e buscando aumentar a durabilidade das construções, foram inseridos os arcos, do mesmo material do resto da edificação. É evidente que podem ser admitidas tensões de tração, entretanto elas não devem ser elevadas, e devem ser previstas em determinadas peças específicas [2].

Algumas das propriedades da alvenaria são influenciadas por um grande número de fatores, tais como, dimensões e forma das unidades, arranjo de juntas verticais e horizontais, anisotropia das unidades, qualidade da mão-de-obra empregada, condições de cura e de ambiente, idade e das propriedades mecânicas dos materiais constituintes [4].

A resistência da parede se dá majoritariamente pela resistência dos blocos que são empregados, existindo planos de menor resistência representados pela localização das argamassas. Segundo a NBR 15812-2:2010 [5], a resistência da parede pode ser estimada por meio de ensaios de compressão de prismas, pequenas paredes e a parede no tamanho real. Devido ao custo elevado de se ensaiar paredes de tamanho real, os ensaios são feitos, usualmente, com prismas de dois (Fig. 1) e três blocos unidos pela argamassa de assentamento, em ensaio especificado pela NBR 10837: 1989 [6], e ensaios em pequenas paredes.



Figura 1. Exemplo de prisma instrumentado em forma de mini-parede [7].

A espessura da junta horizontal da argamassa também possui influência na resistência da parede, já que a argamassa irá impedir que os blocos se toquem, unindo-os, tornando a parede um único elemento, distribuindo as tensões uniformemente, além de ter a função de absorver as deformações causadas pela carga imposta na alvenaria estrutural [8]. A Fig. 2 a seguir mostra o estado de tensões no prisma, no bloco e na argamassa.

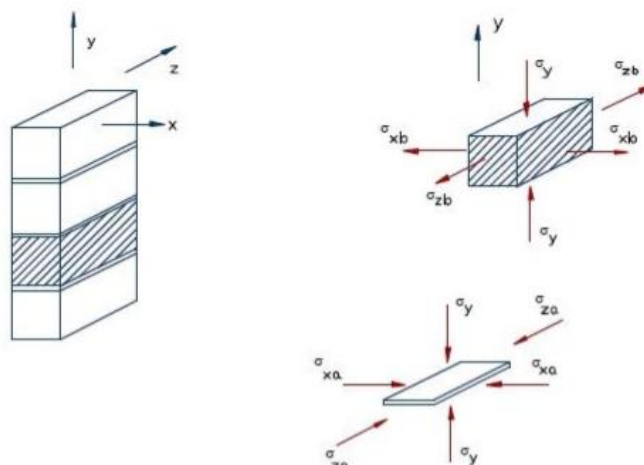


Figura 2. Estado de tensões atuantes no bloco e na argamassa [9].

Observando a Fig. 2, observa-se que, quando o prisma é comprimido, o bloco é submetido a tensões uniaxiais de compressão e triaxiais de tração. Já a argamassa é submetida a um estado triaxial de compressão. Quando o prisma é comprimido, a junta de argamassa é submetida ao estado de compressão triaxial, e tendo a argamassa um módulo de deformação menor, irá se deformar mais que o bloco, procurando expandir-se para as laterais, entretanto é impedida pela presença de outro bloco, que por sua vez sofrerá tração biaxial. Uma vez que as tensões de tração sejam maiores que a resistência do bloco à tração, ocorrerá a fissuração da peça, levando a mesma a ruptura [10].

Dados da literatura [1,3] indicam que a argamassa deverá ter de 1,5 Mpa à 70% da resistência à compressão característica do bloco, em relação a sua área líquida, esse fator também é indicado na norma técnica brasileira [5]. Com o aumento da resistência da argamassa, haverá um aumento da resistência da parede, contudo, ultrapassando 3 MPa, o incremento em relação a este valor não influenciará significativamente na sua resistência.

Caso as juntas de argamassa sejam muito espessas, ocorrerá uma deformação maior, aumentando o diferencial de deformação em relação ao bloco, levando a um acréscimo de tensões, diminuindo, assim, a resistência da alvenaria [11]. Entretanto, para juntas com espessura muito pequenas, pode haver contato entre os blocos, ocasionando pontos de concentração de tensões, tendo ainda a diminuição da capacidade de absorção de deformação, ocorrendo fissuração da argamassa e em casos mais críticos ocorrendo o esmagamento da junta [10].

As principais normas indicam que as espessuras das juntas, tanto horizontais quanto verticais devem ser de no mínimo 1 cm [4].

Assim o objetivo deste trabalho é fazer uma revisão da bibliografia que mostre os principais resultados referente a influência da espessura da argamassa no sentido horizontal reunindo diferentes autores e comparando os resultados por eles obtidos, bem como os seus métodos empregados.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos:

O presente trabalho dedica-se a uma investigação de alguns trabalhos referentes a influência da espessura de juntas de argamassa na resistência das alvenarias com fins estruturais. Entretanto deve-se conhecer a metodologia de execução dos ensaios de prismas, que avaliam essa configuração.

As metodologias utilizadas em todos os trabalhos estudados nesta pesquisa são idênticas o que possibilita uma comparação, conforme executado neste trabalho.

Para os blocos, utiliza-se a norma técnica brasileira [12] para a determinação da sua resistência à compressão, dimensões, características geométricas (dimensões efetivas das faces, espessura dos septos e paredes externas, desvio em relação ao esquadro e planeza das faces, área bruta e área líquida) e características físicas (massa seca e índice de absorção de água), escolhendo-se 13 blocos de forma aleatória de um lote específico. Os blocos devem ser capeados com pasta de cimento, com espessura em torno de 3 mm, que é o recomendado pela norma. Feito isso, esses blocos são ensaiados a compressão para avaliar se estão de acordo com os valores estabelecidos por norma ou não.

Já para a argamassa utilizada, é feita a caracterização de seus componentes (areia, cal, cimento), caracterização da mistura com a determinação do índice de consistência [13], resistência mecânica [14,15], e retenção de água [16].

Após todo o procedimento descrito são confeccionadas e ensaiados os prismas, constituídos pela superposição de dois ou três blocos unidos por uma junta de argamassa, e usados para avaliar a resistência mecânica das paredes. A norma brasileira [15] determina que a resistência característica à compressão simples da alvenaria pode ser estimada como 70% da resistência característica de compressão simples do prisma ou 85% da de pequena parede, possibilitando uma extrapolação para os casos de grande porte.

2.2 Resultados e Discussões:

O primeiro estudo [17] buscou avaliar a influência da espessura da junta horizontal na resistência à compressão da alvenaria, determinou os fatores de resistência à compressão da alvenaria para espessuras de 6 mm a 20 mm (Tabela 1). Plotando-se os pontos (ea ; k) em um plano cartesiano cuja abscissa é a espessura da argamassa e a ordenada é o fator de resistência, observa-se que há uma boa correlação da distribuição dos pontos sobre uma curva de uma função linear decrescente (Figura 3).

Tabela 1. Fator de variação da resistência à compressão da alvenaria [17].

Espessura da argamassa	Fator de resistência
6	1,12
10	1,00
13	0,84
16	0,70
20	0,54

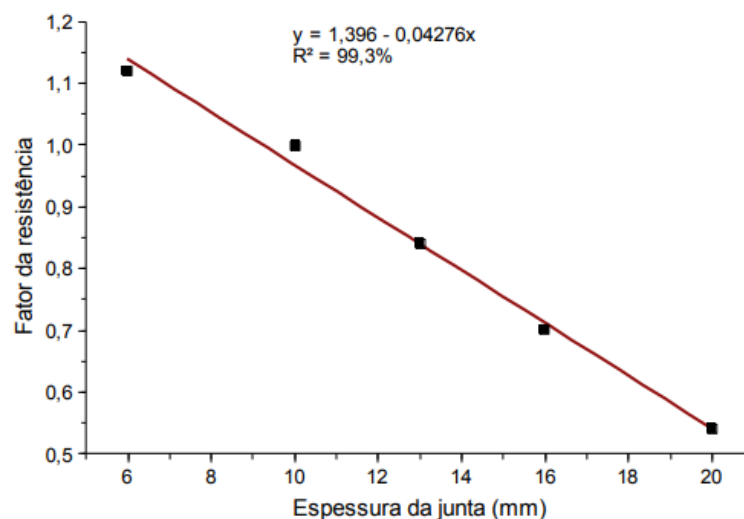


Figura 3. Fator de variação da resistência à compressão da alvenaria pela espessura de argamassa [17].

Muitos pesquisadores já analisaram a influência da espessura da argamassa na resistência da alvenaria como os que indicaram um decréscimo na resistência quando se aumenta a espessura da junta [18]. Outro estudo indica que a cada aumento de 0,3 centímetros na espessura da junta horizontal uma redução de 15% na resistência da parede é verificada [19]. Outra pesquisa mostrou que um aumento de espessura da argamassa de 10 mm para 17 mm gerou um decréscimo de 46%, enquanto ocorreu um acréscimo de 12% quando se diminuiu a espessura de 10 mm para 6,3 mm, conforme observado na Tabela 2 [20].

Tabela 2. Fator de variação da resistência à compressão da alvenaria [20].

Espessura da argamassa (mm)	Fator de resistência
6,3	1,12
10	1,00
17	0,54

Já um novo estudo [21] verificou que as juntas devem ter espessura igual a 10 mm, com uma variação entre 8 a 18 mm, pois para valores abaixo desta faixa a alvenaria perde a sua capacidade de absorção das deformações e acima de 18 mm perde em sua resistência mecânica. Porém outro trabalho analisado não identificou diferença significativa na resistência de prismas, quando se alterou a junta de argamassa, no entanto, analisando-se os valores médios da resistência verificou-se redução mais acentuada quando a variação foi de 10 mm para 25 mm [22].

Pesquisas mais atuais [18] também avaliaram a influência da espessura da junta horizontal na resistência da alvenaria considerando o seu desempenho à compressão. Neste trabalho, a unidade utilizada foi o bloco estrutural cerâmico de dimensões de 14x19x39 cm, cuja resistência média calculada foi igual a 10,2 MPa e a característica 4,0 MPa. As espessuras das juntas foram variadas em três níveis (Tabela 3), chegando-se aos seguintes resultados: a redução da resistência observada à compressão para as juntas de 15 mm e 20 mm, em relação à de 10 mm, foi de aproximadamente 15% e 58%, respectivamente; os valores da eficiência prisma-bloco para as três espessuras foi de 0,5, 0,42 e 0,21.

Tabela 3. Resistência dos prismas em função da espessura. [18]

Espessura da argamassa (mm)	Resistência do prisma (MPa)	Fator de resistência
10	5,05	1,00
15	4,30	0,85
20	2,10	0,42

Estudos com 4 traços diferentes de argamassa e constataram que para uma espessura de junta de 10 $\pm$ 3 mm e uma resistência de junta de argamassa entre 0,41 e 0,70 da resistência característica efetiva de bloco, a resistência de prisma poderia ser estimada na faixa de 0,69 a 0,85 da resistência característica de bloco [23].

Com base nestes estudos dois fatores importantes são apontados: variação de espessura entre juntas com espessuras menores geram maior diferenciação da resistência; apesar de a norma prever a variação da junta de 10 mm para mais ou para menos 3 mm (ou seja, de 7 a 13 mm), junta com valor próximo a 7 mm gera maior resistência e junta de 13 mm menor resistência que junta de 10 mm. Estes fatores podem ser explicados pelo efeito do confinamento da argamassa que é mais saliente em espessuras mais reduzidas.

3 CONCLUSÃO

Como foi observada, a espessura das juntas foram pesquisados por diversos autores, e em sua maioria, eles concordaram que existe uma influência na espessura da argamassa na resistência do prisma, logo ela também influencia a resistência das paredes. Ainda se constatou que há uma perda de resistência com o

aumento da junta de argamassa, estando ela relacionada ao estado de confinamento, ou estado de compressão axial, imposto quando o prisma está sob a ação de cargas de compressão, que se encontra a argamassa. Assim, a espessura da junta deve ter um mínimo para que não haja contato entre os blocos, e máxima, para que haja um estado de confinamento necessário, impedindo a ruptura antecipada da argamassa.

Por meio deste trabalho foi possível verificar que a variação de espessura entre juntas com espessuras menores geram maior diferenciação da resistência e apesar da norma prever juntas de 10 mm com variação de ± 3 mm, quanto mais próximas do limite inferior, geram uma maior resistência do prisma, enquanto que para juntas próximas ao limite superior, levaram a uma menor resistência de compressão que as juntas de 10 mm.

Portanto, a espessura recomendada pela norma deve ser adotada, uma vez que, na prática, espessuras acima de 10 mm, além de consumirem mais material, corroboram com a perda de resistência da alvenaria estrutural.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ, CNPq e CAPES pela ajuda e suporte financeiro a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 BARBOSA, C. S.; LOURENÇO, P. B.; HANAI, J. B. On the compressive strength prediction for concrete masonry prisms. *Materials and Structures*, v. 43, n. 3, 2010.
- 2 FRANCIS, A. J.; HORMAN, C. B.; JEREMS, L. E. The effect of joint thickness and other factors on the compressive strength of brickwork. *International Brick Masonry Conference*. British Ceramic Research Association, England, 1971.
- 3 LÜBECK, A.; et al. Compressive strength and failure mode of axially loaded hollow concrete block masonry. *13th Canadian Masonry Symposium*. Halifax, Canada, 2017.
- 4 GOMES, I. R. Simulação numérica do ensaio de compressão de prismas de alvenaria pelo método dos elementos finitos com comportamento de interface. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15812-2:2010: Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro. 2010.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro. 1989.
- 7 MOHAMAD, G.; LOURENCO, P.B.; ROMAN, H. R.. Study of the compressive strength of concrete block prisms: stack and running bond. *Rev. IBRACON Estrut. Mater.*, São Paulo , v. 4, n. 3, p. 347-358, Aug. 2011.
- 8 FIORESI, L. A. F.; et al. Efeito da espessura da junta de assentamento no comportamento da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. *61º Congresso Brasileiro de Cerâmica*. Gramado, 2017.
- 9 GARCIA, P. D. Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos [Dissertação de Mestrado]. São

- Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2000.
- 10 MOHAMAD, G.; et al. Strength, behavior, and failure mode of hollow concrete masonry constructed with mortars of different strengths. *Construction and Building Materials*, v. 134, 2017.
 - 11 LÜBECK, A.; et al. Compressive strength and failure mode of axially loaded hollow concrete block masonry. 13th Canadian Masonry Symposium. Halifax, Canada, 2017.
 - 12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-3: Componentes cerâmicos - Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 2005.
 - 13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro. 2005.
 - 14 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 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.
 - 15 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15812-1:2010: Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos - Projetos. Rio de Janeiro. 2010.
 - 16 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro. 2005.
 - 17 Camacho, J. S. (1995) Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, 157p.
 - 18 Mota, J. M. de F., Oliveira, R. A., Silva, A. J. da, Barbosa, F. R., Carvalho, J. R. de (2012) Influência da espessura da argamassa de assentamento na resistência à compressão axial de prismas de blocos cerâmicos. *Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto CBC2012*, Maceió: IBRACON.
 - 19 FONSECA, F. S.; MOHAMAD, G.; LOURENÇO, P. B.; ROMAN, H. R.; VERMELTFOORT, A. T. Deformation And Failure Mode Of Masonry. 12th North American Masonry Conference. Denver, Colorado. 2015.
 - 20 Khalaf, F. M. (1996) Factors influencing compressive strength of concrete masonry prisms. *Magazine of Concrete Research*, 48(175):95-101.
 - 21 Lordsleem Júnior, A. C. (2004) Execução e inspeção de alvenaria racionalizada - Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras. 3. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 104p.
 - 22 Carvalho, J. M. (2003) Desempenho estrutural de prismas de blocos cerâmicos com diferentes formas e dimensões. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Florianópolis-SC, Universidade Federal de Santa Catarina, 154p.
 - 23 W. J. dos Santos; F. F. Barbosa, R. A. Barbosa. Avaliação da influência da resistência da argamassa de assentamento na resistência de prisma de alvenaria estrutural. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. 21º CBECIMAT, 2014; Cuiabá, Brasil. p. 2430 - 2437..