

The influence of grouting and reinforcement ratio in the concrete block masonry compressive behavior

Influência do graute e da taxa de armadura no comportamento à compressão da alvenaria de blocos de concreto

J. S. CAMACHO ^a
jsc@dec.feis.unesp.br

B. G. LOGULLO ^a
bglogullo@yahoo.com.br

G. A. PARSEKIAN ^b
parsekian@ufscar.br

P. R. N. SOUDAIS ^a
pierre.insa.unesp@gmail.com

Abstract

This paper presents an experimental investigation on the compressive strength and stress-strain curves of concrete block masonry with varying block and grout strengths and reinforcement ratio. The three-block prisms, built with 8.5 and 15.0 MPa blocks, were tested hollow and filled with 17.0 and 30.0 MPa compressive strength grouts. In addition, prisms and walls with reinforcement rates of 0.15%, 0.40% and 1.0 % were also tested. With the results, it was possible to measure the compressive strength and stress-strain behavior of masonry with inclusion of different grout and reinforcement components, giving parameters for better evaluation of their performance and design. Among the conclusions, it was observed that increasing the compressive strength of masonry is not proportional to the increase of the grouting area and the efficiency of reinforcement to increase compressive strength is low. Stress-strain curves for the several materials combinations are made available.

Keywords: concrete blocks, reinforcement, masonry, compressive strength, stress-strain curve.

Resumo

Este trabalho apresenta uma investigação experimental do comportamento estrutural, resistência à compressão axial e deformabilidade, da alvenaria de bloco de concreto em função da variação da resistência dos blocos e graute e da taxa de armadura. Os prismas de três fiadas de altura, construídos com blocos de 8,5 e 15,0 MPa, foram ensaiados ocios e preenchidos com grautes de 17,0 e 30,0 MPa. Além destes, também foram ensaiados prismas e paredes armadas com taxas de 0,15%, 0,40% e 1,0%. Com os resultados foi possível mensurar a variação da resistência e os diagramas tensão-deformação da alvenaria com a inserção destes componentes (graute e armadura), fornecendo parâmetros para melhor avaliação de seu desempenho para projeto. Entre as conclusões, pode-se afirmar que o aumento da resistência à compressão das alvenarias não é proporcional ao aumento de área pelo grauteamento e que é baixa a eficiência da presença de armaduras para aumento da resistência a compressão. São disponibilizados os diagramas tensão-deformação para as várias combinações de materiais.

Palavras-chave: blocos de concreto, armadura, alvenaria estrutural, resistência a compressão, curva tensão-deformação.

^a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Civil, Ilha Solteira-SP, Brasil;

^b Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos-SP, Brasil.

1. Introdução

Tem sido frequente atualmente a construção de edifícios em alvenaria estrutural de maior porte e com vãos mais arrojados, submetendo o sistema a carregamentos mais intensos. Face ao crescente aumento das solicitações nos elementos em alvenaria estrutural tem-se mostrado importantes ações que possam aumentar a capacidade resistente de paredes e colunas em alvenaria.

Entretanto, muitos problemas relevantes na alvenaria continuam sem respostas. A análise teórica do sistema estrutural de uma obra de alvenaria apresenta uma série de dificuldades, considerando que se trata de um sistema estrutural de placas e chapas, composto por materiais não homogêneos e de comportamento não linear [1].

Na alvenaria estrutural armada são ainda maiores as interferências entre materiais distintos. A inserção do graute e da armadura aumenta as dúvidas e inibem a utilização desse sistema, pois geram insegurança do meio técnico diante do desconhecimento de seu comportamento estrutural.

A compatibilização de todos os componentes envolvidos na produção da alvenaria (bloco, argamassa, graute e armadura) é primordial e indispensável para se maximizar e otimizar o seu desempenho, com o aproveitamento de todo o potencial do sistema. Essa compatibilidade só é possível com o conhecimento das características dos materiais e dos fenômenos físicos e mecânicos, desenvolvidos na alvenaria quando em regime de trabalho [2].

Vários relatos de ensaios experimentais em blocos de concreto e cerâmicos [3], [4], [5] (Drysdale & Hamid, 1979, Chachine, 1989, Hamid & Chukwunye, 1986) indicam que não é válido fazer a superposição de resistência do bloco mais seção grauteada para determinar a resistência do prisma. De acordo com [6] o adensamento incompleto do graute, retração plástica e por secagem, incompatibilidade entre curvas de deformação do bloco e graute e fatores geométricos podem explicar esse efeito.

Sobre a taxa de armadura, a versão de 1989 da norma brasileira para projeto de alvenaria estrutural de blocos de concreto [7], permitia um pequeno aumento da resistência a compressão da alvenaria com a presença de armadura. Entretanto, a tensão admissível na armadura comprimida era limitada a 62 MPa, o que

na prática resultava em eficiência muito pequena da inclusão de armadura para aumento da resistência a compressão. A versão de 2011 da norma [8] elimina a possibilidade de armadura para aumento da resistência à compressão. A principal causa da baixa eficiência em paredes comprimidas é de ordem construtiva, devido a falta de estribos em paredes armadas de alvenaria estrutural [6]. Sobre o diagrama tensão-deformação de alvenaria, o Eurocode [9] indica o diagrama da Figura 1, sendo a deformação na ruptura admitida igual a 0,0035 para blocos do Grupo 1 e 0,002 para Grupo 2 e 3, sendo que blocos do Grupo 1 têm volume máximo de vazios de 25% (alvenaria perfurada) e blocos do Grupo 2 entre 25% e 50% (inclui blocos vazados). Outras normas admitem os seguintes valores:

- BS 5628-part 2 – 1995 [10] = 0,0035 (todas as alvenarias).
- MSJC (2011) [11] = 0,0035 (alvenaria cerâmica) ou 0,0025 (alvenaria de blocos de concreto).
- S304. 1-04 [12] = 0,0030 (todas as alvenarias).
- AS 3700-1998 [13] = 0,0035 (todas as alvenarias).

Ensaio relatado em [14] indicam o diagrama tensão-deformação da Figura 2, com deformação na ruptura igual a 0,002 para blocos de concreto.

Segundo [6] “a partir da constatação que a máxima deformação de compressão varia entre 0,0020 e 0,0035 para prismas com blocos de concreto e cerâmico, entende-se que a adoção de um valor médio igual a 0,0030 para a normalização nacional seria adequado, como está especificado na norma canadense”.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar estudo sobre a variação do comportamento da alvenaria estrutural de blocos de concreto em função da utilização de graute e armadura. São aferidos parâmetros para avaliar o aumento da resistência da alvenaria estrutural na presença do graute e armadura, bem como o comportamento dos materiais no instante de ruptura, fornecendo informações que auxiliam no entendimento desse material composto e permitem melhor calibrar modelos de dimensionamento no estado limite último.

Figura 1 - Diagrama tensão-deformação para dimensionamento de alvenaria segundo Eurocode (9)

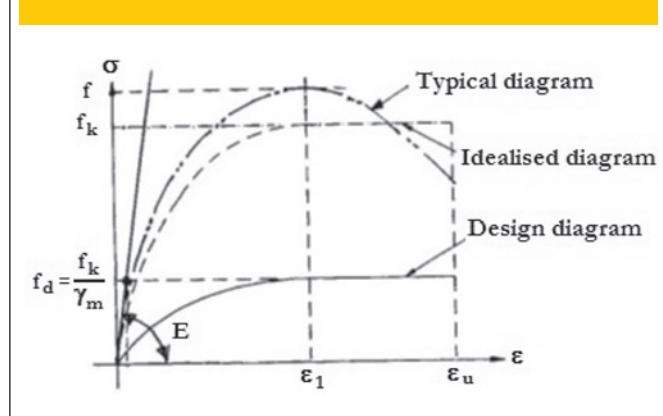


Figura 2 - Diagrama tensão-deformação de alvenarias segundo (14)

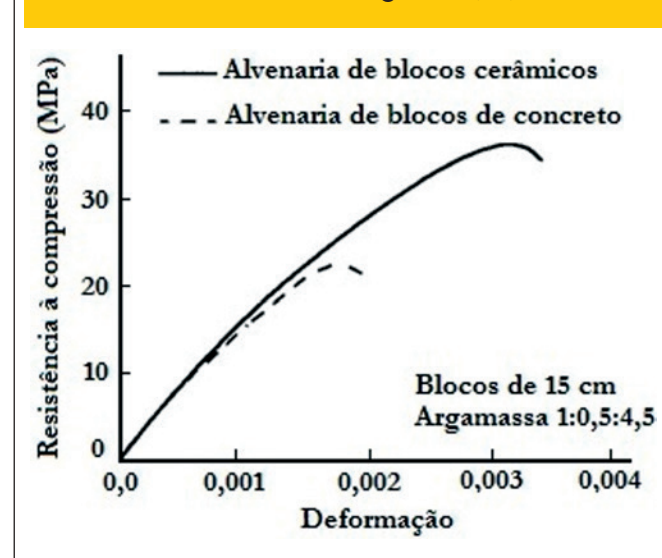


Tabela 1 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão e caracterização dos blocos

Bloco	Umidade (%)	Absorção (%)	Área líquida (cm ²) (Área líquida/bruta)		
B1	24,93	6,86	227,92 (0,57)		
B2	41,34	4,79	289,67 (0,71)		

Bloco	Resistência (A. bruta) (MPa)	CV (%)	Resistência (A. líquida) (MPa)	CV (%)	Def. de ruptura (‰)
B1	8,64	7,39	15,39	7,39	3,30
B2	15,76	8,88	22,09	8,88	1,60

1.1 Justificativa

Edifícios em alvenaria estrutural são construídos no Brasil em alturas e concepções arrojadas em relação ao atualmente visto em outras partes do planeta. O aumento do nível de solicitação em elementos de alvenaria, em especial à compressão, é perceptível. Ainda recentemente foi feito um esforço para que a atualização da normalização a respeito do dimensionamento de elementos em alvenaria de blocos de concreto introduzisse critérios de verificações no estado limite último. Desta forma entende-se ser plenamente justificável a realização e apresentação de estudos experimentais que possam contribuir para melhor entendimento de elementos compostos por diferentes combinações de blocos, argamassa, graute e armaduras.

2. Materiais e programa experimental

2.1 Blocos de concreto

Os blocos de concreto apresentam dimensões de 14 cm x 19 cm x 29 cm, bloco inteiro, e 14 cm x 19 cm x 14 cm, meio bloco (largura x altura x comprimento), sendo utilizadas duas resistências, desig-

Tabela 2 – Características da argamassa, grautes e armaduras

Corpo-de-prova	Resistência média (MPa)	Traço (em massa)	Relação a/c
Argamassa	7,0	1:0,34:6,39	1,27
Graute G1	17,0	1:1,83:2,17	0,67
Graute G2	30,0	1:1,20:1,80	0,55

Taxa de armadura	Área de aço (cm ²)	Armadura executada
$\rho_1 = 0,15\%$	0,63	2 Φ 6,3 mm
$\rho_2 = 0,4\%$	1,60	2 Φ 10,0 mm
$\rho_3 = 1,0\%$	4,00	2 Φ 16,0 mm

nadas B1 e B2. Os resultados de ensaios indicaram resistências à compressão iguais a 8,64 (B1) e 15,76 (B2) Mpa, com suas áreas líquidas indicadas na tabela 1.

Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial e caracterização física desses blocos, segundo NBR 12118 [15]. Nos ensaios de resistência, os blocos foram capeados com pasta de gesso, nas proporções 1 : 0,6 (gesso : água), e, foram adotados relógios comparadores, extensômetro elétricos e células de carga, para aferir o diagrama tensão-deformação. A Figura 3 ilustra o esquema de ensaio e a Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

2.2 Prismas

Os prismas foram executados com três blocos e argamassa mista,

Figura 3 – Esquema de ensaio dos blocos

com traço em volume 1 : 0,5 : 4,5 (cimento : cal : areia) e a/c igual a 1,27, conforme os procedimentos descritos pela norma NBR 15961-2 [16] para as duas classes de blocos.

Os grautes utilizados foram de duas resistências distintas, sendo elas 17 e 30 MPa e consistência de 200 ± 30 mm, denominados de G1 e G2, respectivamente, e foram combinados com as classes de blocos. Assim, foram executados prismas B1-G1 e B1-G2, B2-G1 e B2-G2, além de prismas vazios para cada classe de blocos B1 e B2.

Foram utilizadas três taxas de armaduras, r1, r2 e r3, e combinadas com os prismas grauteados, acima citados. As armaduras e os traços dos grautes adotados são mostrados na Tabela 2, o capeamento dos prismas foi feito com pasta de gesso na mesma proporção dos blocos.

Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados utilizando novamente relógios comparadores, extensômetros elétricos e células de carga. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3 e a Figura 4 apresenta o esquema de ensaio dos prismas.

2.3 Paredes

Foram montados e ensaiados pequenos painéis de alvenaria com dimensões de 100 cm x 90 cm (altura x comprimento), ou

seja, pequenas paredes de alvenaria estrutural, utilizando as duas classes de blocos, com três blocos de comprimento e cinco fiadas de altura.

A argamassa, grautes e armaduras utilizadas foram os mesmos adotados nos prismas, com a diferença que nas paredes foi empregado apenas um tipo de graute, G1, pois esse graute apresentou maior fator de eficiência nos prismas. Os procedimentos de execução das paredes foram realizados segundo a NBR 8949 [17], nos ensaios de compressão foi utilizada essa mesma norma, adotando-se relógios comparadores, extensômetros elétricos e células de carga, as paredes foram capeadas também com pasta de gesso.

Os resultados das paredes são dados na Tabela 4 e o esquema de ensaio pode ser observado na Figura 5.

3. Resultados e discussões

3.1 Prismas

A Tabela 4 apresenta os resultados de resistências de todas as combinações de prismas, na qual se observa um aumento expressivo na alvenaria destes prismas vazios (relação à área bruta) para os grauteados. Contudo, os aumentos da resistência dos graute adotados representaram variações mínimas na resistência do prisma,

Tabela 3 – Resultados de argamassa e grautes, dos prismas vazios, grauteados e armados

Prisma	Resistência (MPa) (Área bruta)	Resistência (MPa) (Área líquida)	CV %	Def. de ruptura (‰)
Argamassa	6,10	-	21,31	-
Graute G1	17,73	-	10,07	-
Graute G2	26,66	-	15,93	-
Vazio B1	5,63	10,04	6,19	1,97
B1-G1	11,29	11,29	3,74	1,70
B1-G2	10,50	10,50	11,67	1,43
Vazio B2	7,77	10,89	3,91	1,90
B2-G1	15,33	15,33	4,92	1,90
B2-G2	15,17	15,17	8,94	1,43
B1-G1-p1	10,20	10,20	4,70	1,77
B1-G1-p2	11,39	11,39	8,50	1,60
B1-G1-p3	11,73	11,73	4,32	1,90
B1-G2-p1	11,91	11,91	7,38	1,33
B1-G2-p2	11,03	11,03	8,90	1,63
B1-G2-p3	11,79	11,79	8,71	1,37
B2-G1-p1	14,25	14,25	4,52	1,67
B2-G1-p2	13,87	13,87	9,55	1,67
B2-G1-p3	15,01	15,01	3,27	1,63
B2-G2-p1	15,64	15,64	12,79	1,73
B2-G2-p2	15,75	15,75	6,04	1,56
B2-G2-p3	17,30	17,30	7,36	1,43

Figura 4 – Esquema de ensaio dos prismas



fato constatado por outros autores como [18], [19], [20], [21]. Observando os prismas armados, não foram constatadas variações expressivas nas resistências da alvenaria com o aumento da área de aço, comparando-se com seus respectivos prismas grauteados.

Tabela 4 – Resultados das paredes vazias, grauteadas e armadas

Parede	Resistência (MPa) (A. bruta)	CV %	Def. de ruptura (‰)
Vazia B1	4,39	2,58	1,35
B1-G1	7,86	4,52	1,35
Vazia B2	8,19	0,09	1,80
B2-G1	15,17	4,88	1,00
B1-G1-ρ1	9,32	11,61	1,25
B1-G1-ρ2	9,50	13,55	1,25
B1-G1-ρ3	9,11	5,51	1,05
B2-G1-ρ1	13,93	3,27	0,95
B2-G1-ρ2	15,86	0,72	0,90
B2-G1ρ3	17,31	16,44	0,70

A Tabela 3 mostra os resultados dos prismas vazios na área líquida com os prismas apenas grauteados das duas classes de blocos. Os dados da figura mostram os prismas vazios (área líquida) de blocos B1 tiveram suas resistências praticamente igualadas com o grauteamento, já os prismas de blocos B2 apresentaram resistências quando grauteados 50% superiores aos seus prismas vazios na área líquida. Esse efeito pode ser dado pela maior espessura das paredes dos blocos B2 aliada à menor área de graute, pois as paredes de B2 são mais resistentes à expansão

Figura 5 – Esquema de ensaio das paredes

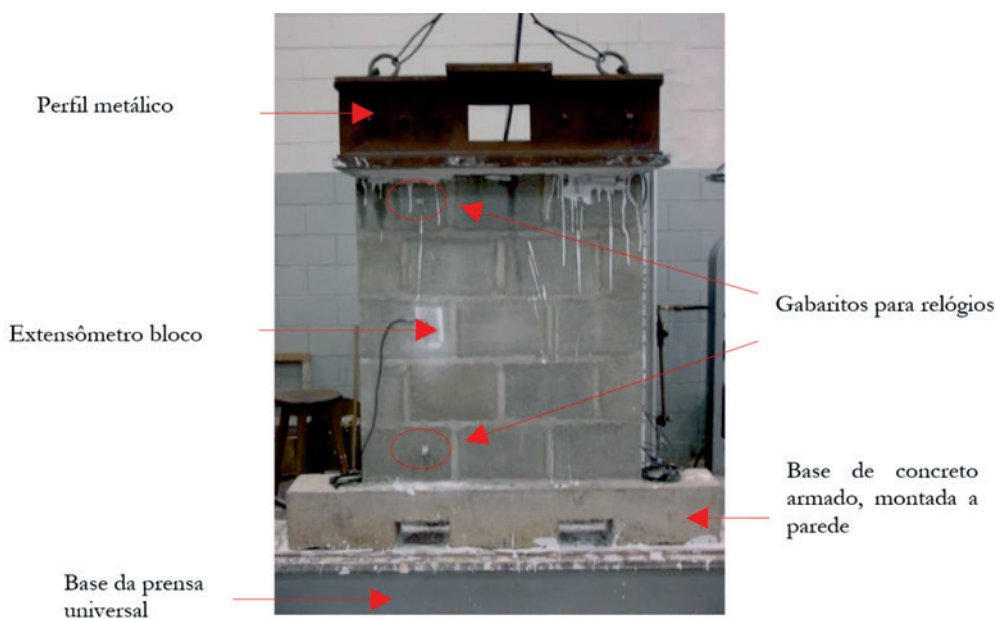
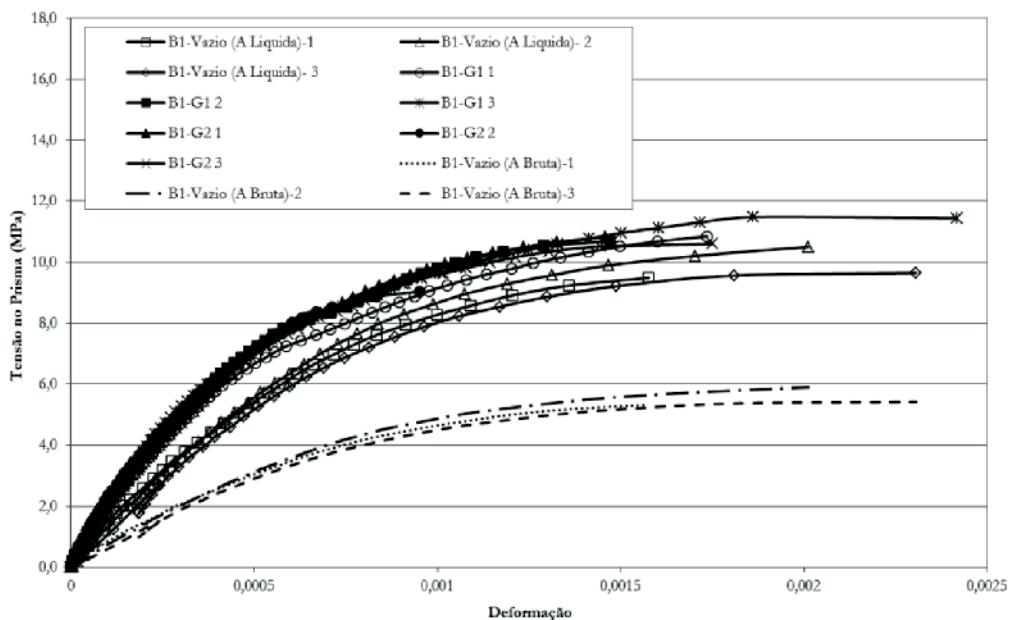


Figura 6 – Gráfico Tensão x Deformação dos prismas vazios e grauteados B1



transversal interna do graute, que, por sua vez, tendo uma área inferior deforma-se menos. Comparando os resultados das resistências de compressão fixando os valores de blocos e grautes e variando apenas as taxas de

armaduras (Tabela 3), houve um aumento médio da resistência dos prismas da classe de blocos B1 para B2, entretanto as variações relativas às armaduras mostraram-se diferentes em todas as combinações, não apresentando um comportamento comum na

Figura 7 – Gráfico Tensão x Deformação dos prismas vazios e grauteados B2

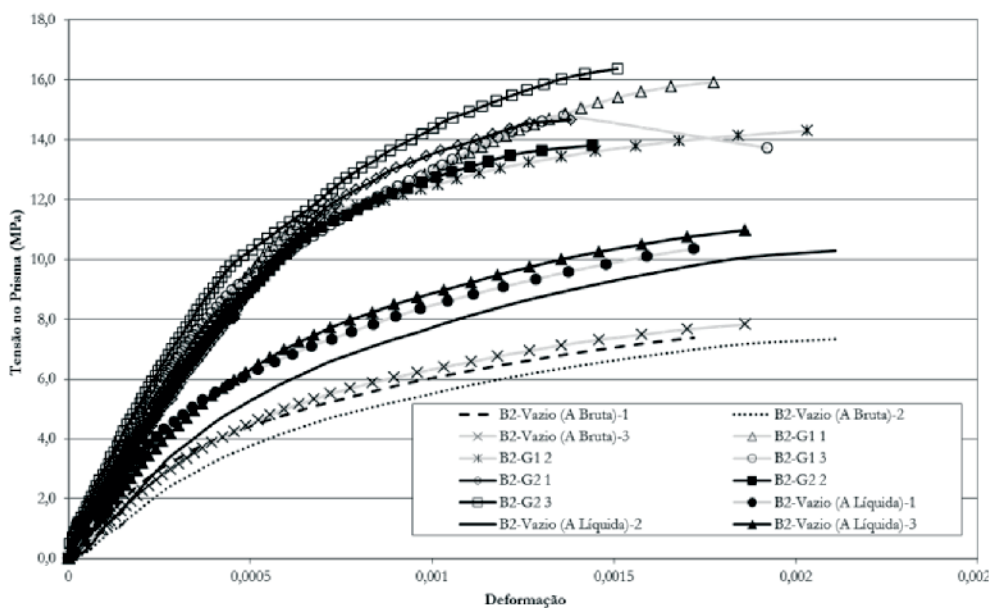
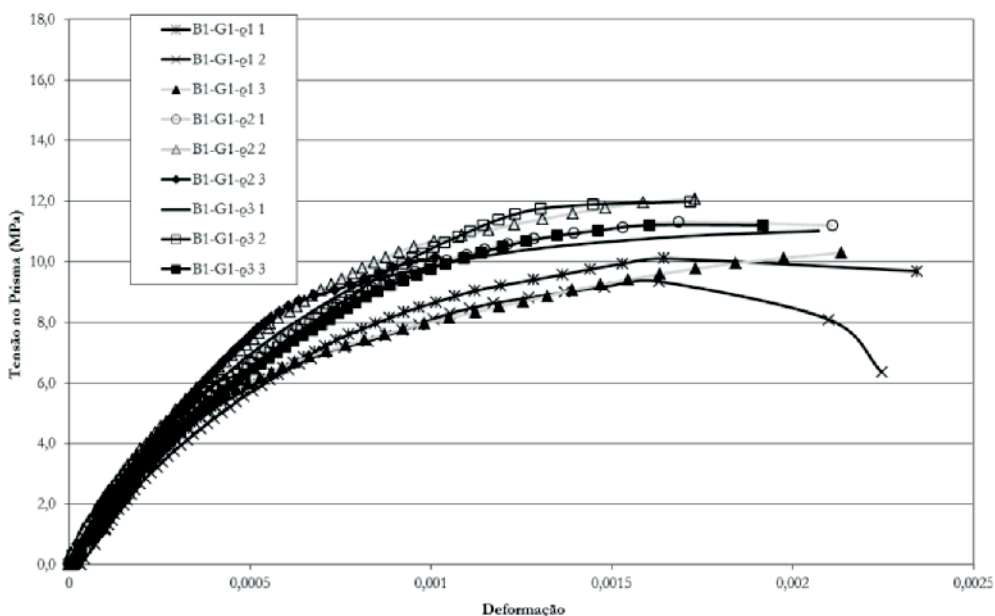


Figura 8 – Gráfico Tensão x Deformação dos prismas B1-G1 com armaduras



variação de resistência das combinações de prismas, além destas variações serem muito pequenas dentro dos conjuntos de mesma combinação não permitindo avaliar ganhos. Com o intuito de analisar os comportamentos das curvas de Tensão x

Deformação das combinações de prismas vazios e grauteados, e também dos prismas grauteados com os armados, são fornecidos os gráficos das Figuras 6 até 11, sendo, a tensão adotada, em todos os gráficos, referente à carga de ruptura dos prismas, dividida pela sua área bruta.

Figura 9 – Gráfico Tensão x Deformação dos prismas B1-G2 com armaduras

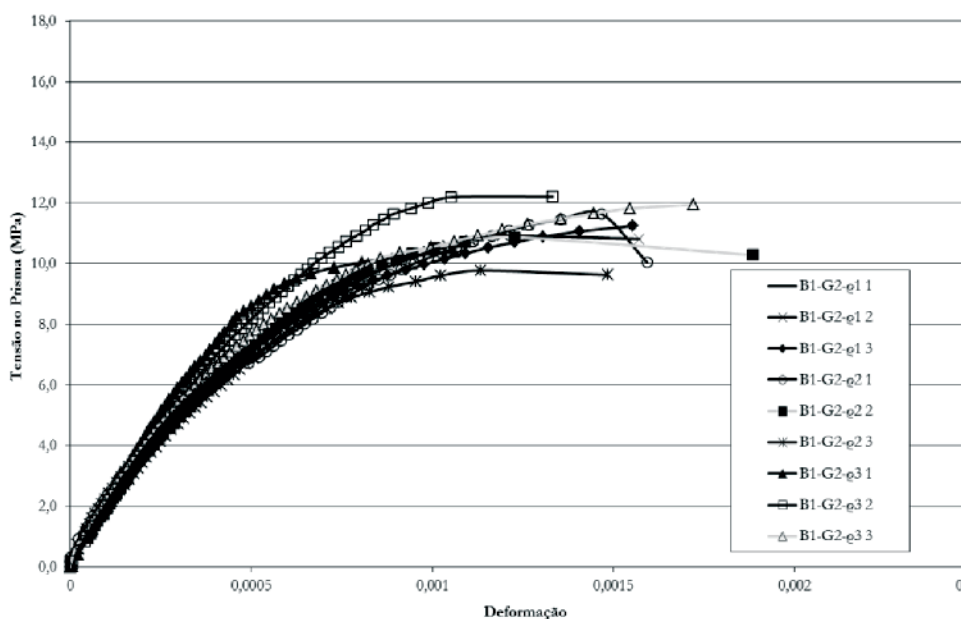
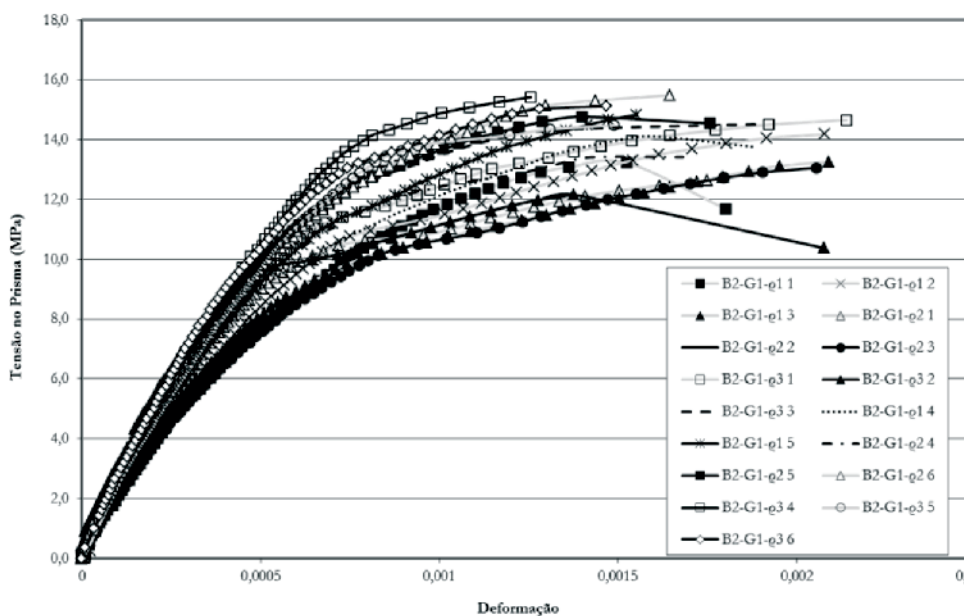


Figura 10 - Gráfico Tensão x Deformação dos prismas B2-G1 com armaduras



Na Figura 6 é mostrada a curva dos prismas B1, na qual se verifica que os prismas grauteados com G1 e G2 apresentaram um comportamento próximo entre si e com os prismas vazios em relação à suas áreas líquidas.

A Figura 7, dos prismas vazios e grauteados de B2, mostra, novamente, um mesmo comportamento de deformabilidade dos prismas grauteados com G1 e G2. Os prismas grauteados apresentam início de curva tensão-deformação semelhantes aos dos prismas ocios, com

Figura 11 - Gráfico Tensão x Deformação dos prismas B2-G2 com armaduras

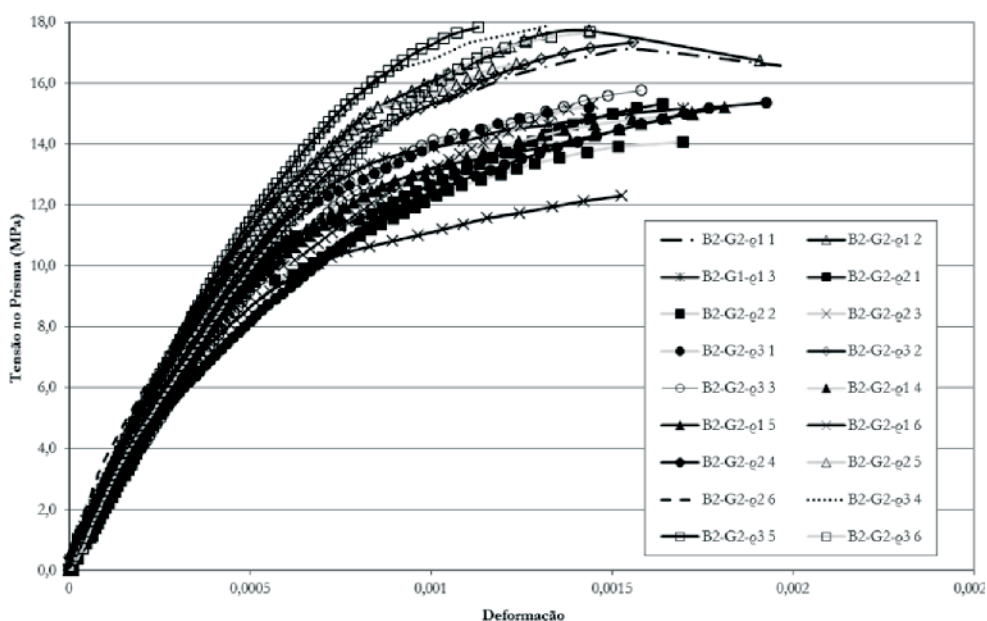
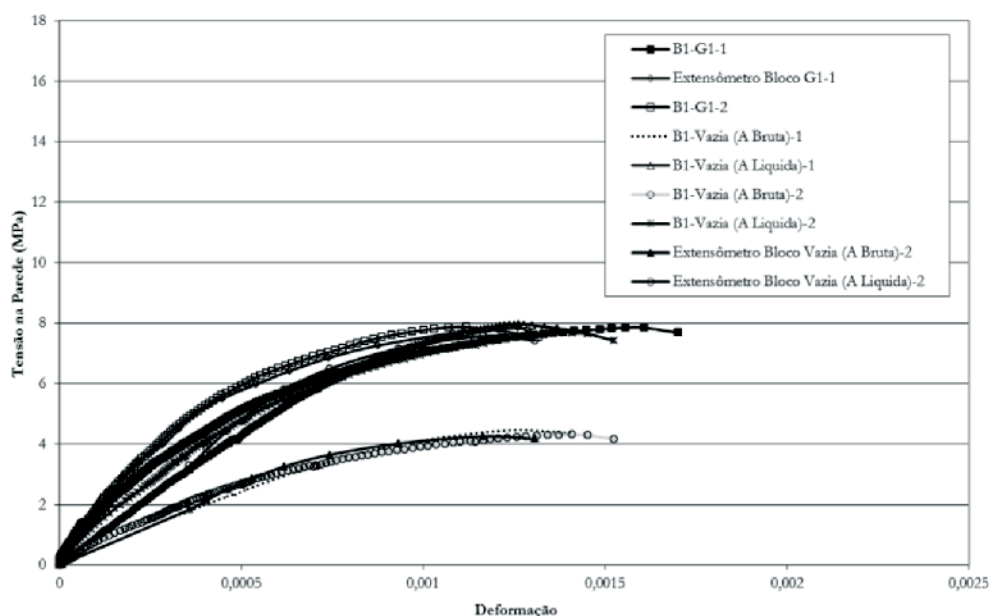


Figura 12 – Gráfico Tensão x Deformação das paredes vazias e grauteadas B1

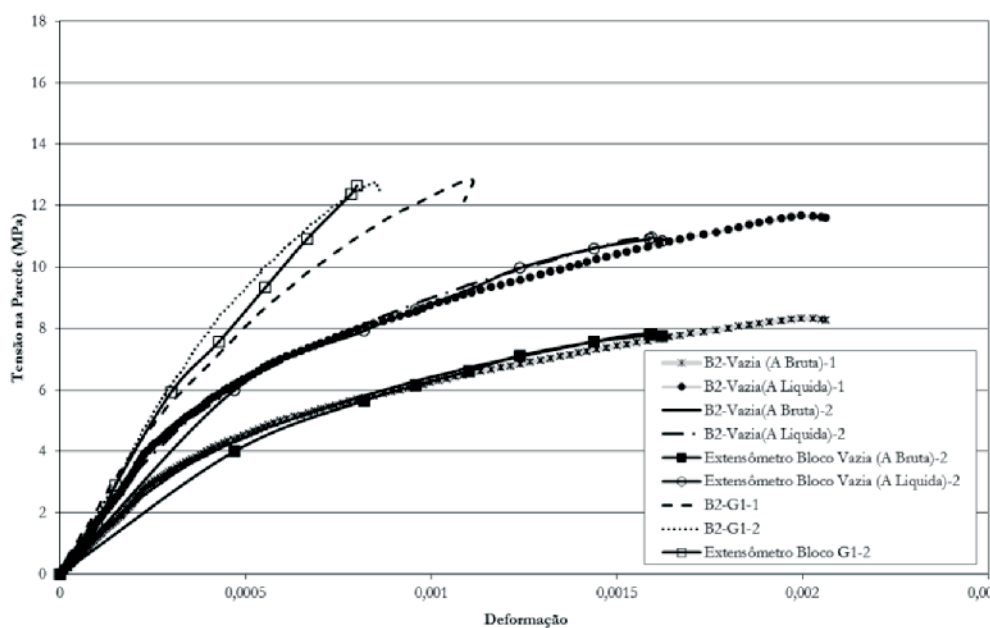


deformações na ruptura em valores próximos. As Figuras 8 até 11 apresentam os prismas apenas grauteados e armados, para as quatro combinações de blocos e grautes, sendo, observado um mesmo comportamento para as taxas de armaduras em todas estas combinações.

3.2 Paredes

A Tabela 4 mostra os resultados médios de resistência das paredes vazias, grauteadas e armadas. Para casos não armados a

Figura 13 – Gráfico Tensão x Deformação das paredes vazias e grauteadas B2



resistência na área líquida é igual para os blocos B1 grauteados ou não, comportamento semelhante ao observado nos prismas. Para o B2, observa-se um aumento de 30% na resistência em relação a área líquida.

Vários autores, p. e. [22], concluem que o aumento percentual na resistência à compressão das paredes grauteadas em relação às paredes não grauteadas é inversamente proporcional ao aumento da resistência do bloco. Deve-se destacar que os blocos aqui ensaiados tem geometria (espessura da parede do bloco) distintas para B1 e B2, portanto o comparativo direto não é adequado. O que se pode inferir é que blocos de paredes mais espessas proporcionaram maior aumento de resistência quando totalmente grauteado, possivelmente porque a ruptura ocorre por expansão lateral dos blocos devido a maior rigidez do graute interior e paredes mais espessas possuem melhor resistência à essa expansão lateral.

A variação das taxas de armadura (r1, r2 e r3) nas paredes de blocos B1 não gerou variação na resistência das paredes, com aumento de cerca de 18% em relação a parede sem armadura. Ao analisar a deformação de ruptura das parede, percebe-se que não há deformação suficiente para aproveitamento do aço. Por exemplo, com uma área de armadura de 1,89 cm² (área relativa à taxa de armadura r1) adotando E do aço igual a 21 GPa e com a deformação de ruptura da parede de 1,0‰, obtém-se uma contribuição em carga da armadura próxima de 39,7 kN, valor muito pequeno (cerca de 2,6%) se comparado com a carga final da parede na ordem de 1.500 kN. Desta forma, o aumento observado nas paredes B1 está relacionado a alteração na forma de ruptura (que ocorre por expansão lateral do bloco em função da expansão do graute interno) do que com a contribuição da armadura em absorver parte da carga de compressão.

Nas paredes armadas B2 é possível identificar variação da resis-

tência com a variação da taxa de armadura. Porém, para as barras de diâmetros pequeno (6,3 mm, r1) houve diminuição da resistência em relação a parede grauteada, com valores semelhantes para as barras de 10 mm (r2) e aumento de 14% para barras de 16 mm (r3). Novamente entende-se que há alteração na forma de ruptura, com barras de pequeno diâmetro sujeitas a tensões maiores que no caso do B1, contribuindo de forma negativa (possivelmente por conta de efeito de flambagem).

Os resultados indicam que o efeito de armaduras sem estribos em paredes grauteadas não é proporcional ao aumento da taxa mecânica de aço/graute, sendo seu efeito variável em função do diâmetro da barra de aço e do nível de tensão aplicada, com pequenas variações na resistência a compressão do conjunto, eventualmente de forma negativa. Resultados apresentados em [22] também indicam pequenas variações nas resistências de paredes de blocos de concreto armadas comparadas com suas respectivas paredes grauteadas.

Visando analisar os comportamentos das curvas de Tensão x Deformação das combinações de paredes vazias e grauteadas, e também das paredes grauteadas com as armadas, são dados os gráficos das Figuras 12 a 15. Observando a Figura 12, se percebe um mesmo comportamento de deformabilidade das paredes B1 grauteadas e vazias na área líquida, fato também verificado nos prismas, inclusive nas leituras obtidas pelos extensômetros de bloco e armadura.

A Figura 13 apresenta as paredes B2 vazias e apenas grauteadas. O grauteamento destas paredes aumentou sua rigidez e resistência final se comparado com as paredes vazias na área líquida, este fato foi também verificado com os prismas.

As Figuras 14 e 15 apresentam as curvas das paredes B1 e B2 armadas, que apresentaram um comportamento bastante semelhante da

Figura 14 – Gráfico Tensão x Deformação das paredes armadas B1

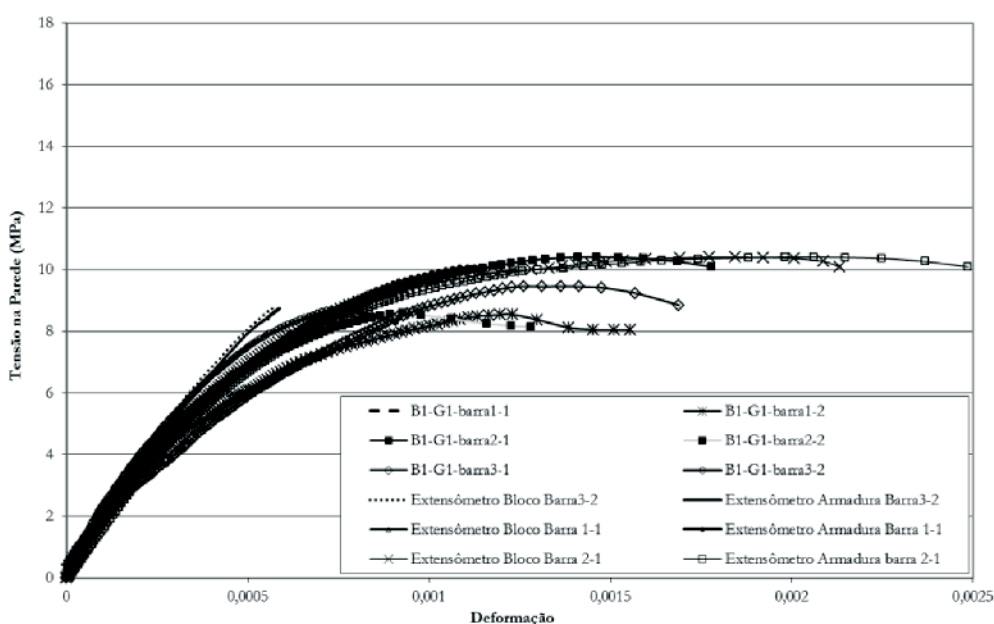
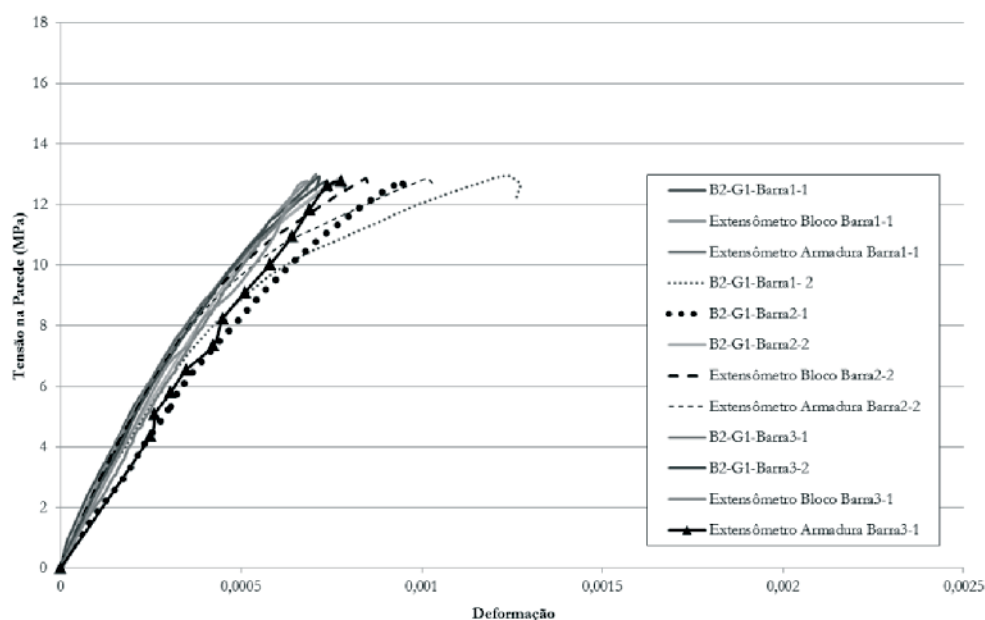


Figura 15 - Gráfico Tensão x Deformação das paredes armadas B2



alvenaria, com as três taxas de armaduras, e, dos blocos e barras de aço inseridas, fato também ocorrido com os prismas armados.

4. Conclusões

A partir das observações aqui relatadas, pode-se concluir:

- O grauteamento resultou em mesma resistência do prisma grauteado comparado com o prisma vazio na área líquida para o B1 e aumentou em 50% a resistência para o B2. Comportamento semelhante foi observado nas paredes, com aumento inferior (de 30%) para o caso B2. Este fato pode ser explicado pela maior espessura das paredes dos blocos B2 apresentando maior resistência a expansão lateral do graute interno.
- Os prismas grauteados apresentaram diminuição na deformação de ruptura com a utilização de grautes mais rígidos, apesar da tensão de ruptura ser semelhante para ambos grautes.
- A inserção do graute nas paredes aumentou em média 80% a resistência à compressão se comparada com as paredes vazias na área bruta. O aumento da resistência da alvenaria com o grauteamento não é necessariamente proporcional à relação efetiva de áreas.
- As armaduras não alteraram de forma significativa o comportamento estrutural dos prismas e paredes (resistência à compressão axial e deformabilidade), sendo observado eventualmente pequena redução na resistência (barras de 6,3 mm e blocos B2), pouco ou nenhum aumento na resistência a compressão (demais casos). Entende-se não ser possível calcular a resistência da parede grauteada pela compatibilização das deformações, tensões e áreas de bloco, graute e armadura. A influência provavelmente tem relação com a expansão lateral do graute e armaduras (sem estribos neste estudo).

- A deformação na ruptura de alvenarias de blocos de concreto é próxima a 2,0‰, valor esse inferior ao atualmente adotado na normalização brasileira, adotado em 3,5‰, porém semelhante ao relatado em outras referências.

5. Referências bibliográficas

- [1] CAMACHO, J. S.; RAMALHO, M. A.; ANDOLFATO, R. P. An experimental study of the interaction among walls submitted to vertical loads. *In: Australian Masonry Conference - AMC, 6th, Adelaide, 2001, Proceedings of the 6th Australian Masonry Conference, Adelaide, 2001, v. 1, p. 95-104.*
- [2] MENDES, R. J. K. Resistência à compressão da alvenaria de blocos cerâmicos estruturais, Florianópolis, 1998, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 200 p.
- [3] DRYSDALE, R. G.; HAMID, A. A. Behaviour of concrete block masonry under axial compression. *ACI Journal*, v. 76, n. 6, 1979, p. 707-721.
- [4] CHAHINE, G. N. Behaviour Characteristic of Face Shell Mortared Block Masonry Under Axial Compression, Hamilton (Ontario), 1989, Master of Engineering thesis - McMaster University, 423 p.
- [5] HAMID, A. A.; CHUKWUNENYE, A. The Compression Behaviour of Concrete Masonry Prisms. *Journal of the Structural Division, Proceedings of ASCE*, v. 112, n. 3, 1986, p. 605-614.
- [6] PARSEKIAN, G. A.; HAMID, A. A.; DRYSDALE, R. G. Comportamento e Dimensionamento de Alvenaria Estrutural, São Carlos: EdUFSCar, 2ed, 2013, 625 p.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. - NBR 10837, Rio de Janeiro, 1889.

- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto. - NBR 15961-1, Rio de Janeiro, 2011.
- [9] EN 1996-1-1: EUROCODE 6: Design of Masonry Structures - Part 1-1: General rules for buildings - Rules for reinforced and unreinforced masonry, Brussels, 2013.
- [10] BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of practice for structural use of masonry. Part 2 – Structural use of reinforced and prestressed masonry. - BS 5628-2, London, 1995.
- [11] MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE. Building code requirements for masonry structures (ACI 530/TMS 402/ASCE 5), 2011.
- [12] CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. Design of masonry structures. – CSA S304. 1-04, Toronto, 2004.
- [13] STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Masonry Structures. - AS 3700, 2ed, Sydney, 1998.
- [14] PRIESTLEY, M. J. N. Seismic Design of Concrete Masonry Shear Walls. Journal of the American Concrete Institute, v. 83, 1986, p. 58-68.
- [15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. - NBR 12118. Rio de Janeiro, 2013.
- [16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Alvenaria estrutural - Blocos de concreto – Parte 2: Execução e controle de obras. - NBR 15961-2. Rio de Janeiro, 2011.
- [17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio à compressão simples - Método de ensaio. - NBR 8949, Rio de Janeiro, 1985.
- [18] ROMAGNA, R. H. Resistência à compressão de prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados, Florianópolis, 2000, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 218 p.
- [19] CUNHA, E. H. Análise experimental do comportamento de prismas grauteados em alvenaria estrutural, Goiânia, 2001, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, 149 p.
- [20] CAMACHO, J. S.; RODRIGUES, R. O. Utilização do graute na alvenaria estrutural. *In*: do 41º Congresso Brasileiro de Concreto, 41º, Salvador, 1999, Anais, Salvador, 1999, p. 142.
- [21] CALÇADA, L. M. L. Avaliação do comportamento de prismas grauteados e não grauteados de bloco de concreto, Florianópolis, 1998, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 188 p.
- [22] ALY, V. L. C.; SABBATINI, F. H. Determinação de correlações de resistências mecânicas de paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto. *In*: International Seminar on Structural Masonry of Developing Countries, 5th, Florianópolis, 1994, p 115-126.
- [23] LOGULLO, B., G. Influência do graute e da taxa de armadura no comportamento da alvenaria de blocos de concreto, Ilha Solteira, 2006, Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 192 p.