Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

INFLUÊNCIA DA ARGAMASSA E GRAUTE NA RESISTÊNCIA DA ALVENARIA ESTRUTURAL COM BASE NOS ENSAIOS DE PRISMA OCO E CHEIO

INFLUENCE OF MORTAR AND GROUT ON THE STRENGTH OF STRUCTURAL MASONRY BASED ON HOLLOW AND GROUTED PRISM TESTS

João Carlos Rocha Cavalcante, Lucas Corralo Da Quinta Barbosa, Lucas Laubstein Costa, Nickolas De Oliveira Mota, Miguel Canas Gonçalves, Paulo Eduardo de Oliveira Andrade

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia Civil
E-mail para contato: nickolas.om@gmail.com

RESUMO – A alvenaria estrutural exige controle tecnológico rigoroso de seus componentes. Este estudo analisou a influência da argamassa e do graute na resistência de prismas de concreto ocos e cheios. O programa experimental testou blocos de 8 MPa associados a diferentes classes de argamassa (5, 6 e 8 MPa) e graute (15, 20 e 25 MPa). Os resultados indicaram que o ganho de resistência do prisma (Fpk) em relação ao incremento dos materiais segue uma tendência logarítmica. Quando a resistência da argamassa se equipara à do bloco, a ruptura passa a ser governada por tensões de tração transversal no bloco. Conclui-se que o ganho mecânico não é linear, sendo essencial harmonizar as propriedades dos materiais.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural; Argamassa; Controle Tecnológico; Prisma oco; Prisma cheio.

ABSTRACT – Structural masonry requires strict technological control of its components. This study analyzed the influence of bedding mortar and grout on the compressive strength of hollow and grouted concrete prisms. The experimental program evaluated 8 MPa blocks combined with different mortar (5, 6, and 8 MPa) and grout (15, 20, and 25 MPa) classes. The results indicated that the strength gain of the prism (Fpk) relative to component strength follows a logarithmic trend. Once mortar strength equals that of the block, failure is governed by transverse tensile stresses in the block. It is concluded that mechanical gains are non-linear, highlighting the need to harmonize component properties.

Keywords: Structural masonry; Mortar; Technological control; Hollow prism; Grouted prism.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria consiste em um dos métodos construtivos mais antigos e consolidados da engenharia, caracterizando-se pela união de unidades, como blocos ou tijolos, por meio de juntas de argamassa para compor elementos de vedação ou estruturais (RAMALHO; CORRÊA, 2016). Historicamente, o sistema evoluiu do uso de pedras naturais para tijolos cerâmicos e blocos de concreto até o desenvolvimento da alvenaria estrutural moderna, um método altamente racionalizado e econômico em que as paredes atuam como a principal estrutura portante da edificação, suportando cargas verticais, horizontais e ações do vento (MOHAMAD, 2015). A eficiência desse sistema reside na ação monolítica e integrada entre seus componentes básicos: blocos, argamassa de assentamento e graute. Em relação aos blocos, o foco deste trabalho se dá no bloco de concreto, cujo emprego comercial baseia-se em conjuntos modulares denominados "famílias" — destacando-se as de 15x30 cm, 15x40 cm e 20x40 cm —, que consideram a dimensão real da unidade e a dimensão nominal, que inclui 1 cm de junta. O presente estudo tem como objetivos de analisar como a variação das características físicas e mecânicas da argamassa e do graute, tais como resistências à compressão dos materiais individualmente e as resistências à compressão do prisma cheio e oco das tipologias estabelecidas influenciam a capacidade de carga e o comportamento estrutural de prismas e paredes de alvenaria de concreto. Pretende-se, assim, avaliar o desempenho conjunto desses materiais para identificar os fatores críticos que determinam a resistência final do sistema construtivo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para estimar a parcela das resistências de cada composto do prisma, realizar ensaios com tipologias de matérias diversas variando a resistência dos mesmos afim de levantar dados sobre a relação da resistência de cada componente específico com a resistência final da parede.

Com o objetivo de garantir maior precisão, controle tecnológico e reprodutibilidade na obtenção das resistências mecânicas, optou-se pela utilização de produtos industrializados (pré-misturados) em detrimento de traços executados em obra. O programa experimental contempla o uso de blocos estruturais com resistência característica à compressão de 8 MPa, associados a diferentes classes de argamassa de assentamento (5Mpa, 6 MPa e 8 MPa) e de graute (15 MPa,

ISSN 2317-1316

20 MPa e 25 MPa). Essa variação nas resistências dos componentes visa analisar a interação e a compatibilidade mecânica entre o prisma e os elementos de preenchimento e ligação na alvenaria estrutural.

A NBR 16868-3 (2020) descreve o ensaio de prisma como um dos métodos para se estimar a resistência real da alvenaria em questão. O ensaio consiste na compressão de corpos de prova por meio de uma prensa capaz de medir a carga aplicada no instante da ruptura.

É fundamental que haja controle de qualidade na realização dos ensaios, uma vez que os resultados podem sofrer variações em função da execução da mão de obra. Para minimizar essas variações, cada etapa do ensaio deverá ser executada por um integrante específico, garantindo maior padronização nos procedimentos e, consequentemente, maior confiabilidade nos resultados obtidos.

O prisma, formado por dois blocos sobrepostos, deve ser preparado sobre base limpa, firme e impermeável. O primeiro bloco recebe uma camada de argamassa de (10 ± 3) mm distribuída por toda a sua face superior (incluindo os septos). O segundo bloco é então assentado com o auxílio de martelo de borracha e nível de prumo para garantir o correto alinhamento e nivelamento do conjunto.

No caso do ensaio de prisma cheio, o grauteamento deve ser realizado no mínimo 16 horas após o assentamento do segundo bloco. Antes da execução, é fundamental garantir que os septos estejam devidamente limpos e umedecidos, de modo a favorecer a aderência do graute. O preenchimento deve ser executado em duas camadas, sendo aplicados 12 golpes de adensamento em cada camada com o auxílio de uma haste de socamento.

Após essa etapa, deve ser realizado o capeamento do corpo de prova utilizando argamassa, gesso ou pasta de cimento com resistência mínima correspondente a 70% da resistência dos blocos. Além disso, a espessura média do capeamento não deve ultrapassar 3 mm, devendo apresentar superfície plana e uniforme, de modo a garantir a adequada distribuição das tensões durante o ensaio.

Os prismas devem permanecer protegidos da ação direta do sol e do vento, além de serem mantidos imóveis por um período mínimo de 7 dias, assegurando condições adequadas para a cura e estabilização do conjunto.

ISSN 2317-1316

Após 28 dias da confecção dos corpos de prova, deve ser realizada a ruptura dos prismas, de modo que a prensa distribua uniformemente a carga sobre toda a face superior do corpo de prova. Além disso, é necessário garantir que o prisma esteja corretamente alinhado com o eixo de aplicação de carga da prensa, evitando excentricidades que possam comprometer os resultados do ensaio.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após 28 dias da moldagem dos corpos de prova realizamos os ensaios e com isso obtivemos os seguintes resultados, conforme as tabelas 1, 2, 3 e 4:

Tabela 1. Argamassa.

Expectativa (Mpa)	CP	Força (tf)	Área (cm²)	Resistência real (MPa)	Média	% em relação a expectativa
8	CPA8-1	1,94	16,00	12,09	11,70	146,25
	CPA8-2	1,57	16,00	9,79		
	CPA8-3	1,85	16,00	11,57		
	CPA8-4	2,18	16,00	13,60		
	CPA8-5	2,13	16,00	13,32		
	CPA8-6	1,57	16,00	9,82		
6	CPA6-1	0,36	16,00	2,22	2,35	39,23
	CPA6-2	0,40	16,00	2,51		
	CPA6-3	0,37	16,00	2,33		
5	CPA5-1	0,55	16,00	3,43	3,06	61,25
	CPA5-2	0,45	16,00	2,81		
	CPA5-3	0,38	16,00	2,38		
	CPA5-4	0,55	16,00	3,43		
	CPA5-5	0,52	16,00	3,27		

Tabela 2. Graute.

Expectativa (Mpa)	CP	Força (tf)	Área (cm²)	Resistência real (MPa)	Média	% em relação a expectativa
15	CPG15-1	18,13	78,54	23,08	19,62	130,78
	CPG15-2	11,95	78,54	15,22		
	CPG15-3	16,14	78,54	20,55		
20	CPG20-1	22,86	78,54	29,11	28,29	141,46
	CPG20-2	26,00	78,54	33,10		
	CPG20-3	17,80	78,54	22,66		
25	CPG25-1	31,43	78,54	40,02	37,65	150,58
	CPG25-2	31,14	78,54	39,65		
	CPG25-3	26,13	78,54	33,27		

ISSN 2317-1316

Tabela 3. Prisma Oco.

Expectativa (Mpa)	CP	Força (tf)	Área (cm²)	Resistência real (MPa)	Argamassa (Mpa)	Média	% em relação a expectativa
1	CPO-7*	12,26	546,00	2,25	2,35	3,95	65,78
	CPO-8*	12,96	546,00	2,37			
	CPO-9	21,55	546,00	3,95			
2	CPO-1	22,49	546,00	4,12	3,06	4,12	68,65
	CPO-2*	15,53	546,00	2,84			
	CPO-3*	12,54	546,00	2,30			
3	CPO-19	21,40	546,00	3,92	11,70	4,59	76,48
	CPO-20	28,77	546,00	5,27			
	CPO-21	24,99	546,00	4,58			

Nota*: corpos de prova descartados por ruptura atípica

Tabela 4. Prisma Cheio.

Tipo	CP	Força (tf)	Área (cm²)	Resistência real (MPa)	Graute (Mpa)	Argamassa (Mpa)	Média	% em relação a expectativa
4	CPC-10	67,48	546,00	12,36	28,29	2,35	13,48	128,40
	CPC-11	80,25	546,00	14,70				
	CPC-12	73,1	546,00	13,39				
5	CPC-4	65,8	546,00	12,05	28,29	3,06	13,64	129,89
	CPC-5	77,13	546,00	14,13				
	CPC-6	80,46	546,00	14,74				
6	CPC-22	86,42	546,00	15,83	28,29	11,70	15,89	151,33
	CPC-24	87,09	546,00	15,95				
	CPC-16	52,16	546,00	9,55				
7	CPC-17	68,09	546,00	12,47	19,62	2,35	10,70	101,91
	CPC-18	55,02	546,00	10,08				
	CPC-13	65,91	546,00	12,07				
8	CPC-14	79,5	546,00	14,56	37,65	2,35	14,30	136,18
	CPC-15	88,8	546,00	16,26				

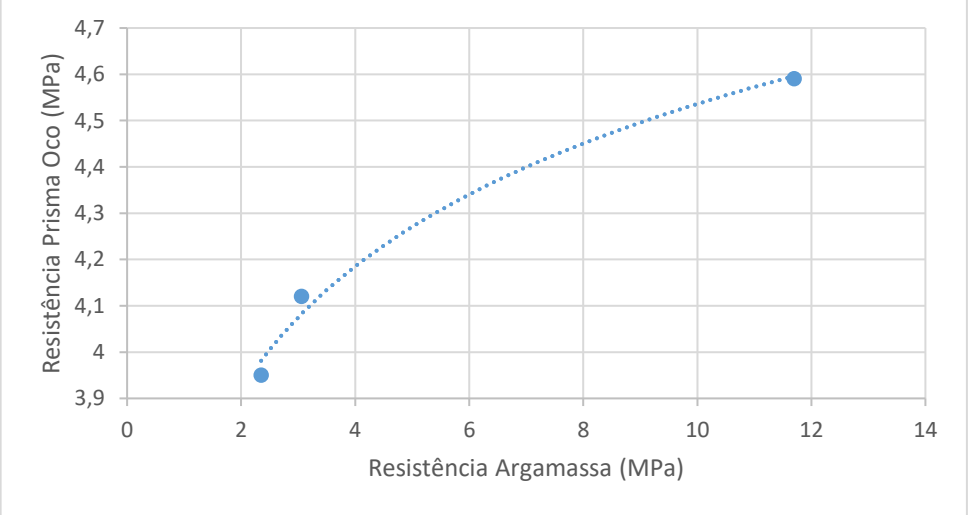
Com estes resultados o grupo levantou alguns questionamentos como o uso de misturas prontas dos componentes da alvenaria uma vez que mesmo utilizando o fator água-cimento recomendado pelo fabricante não chegamos tão próximo da resistência esperada.

Colocando em perspectiva os resultados de prisma oco e cheio, para melhor análise da influência dos componentes, elaboramos gráficos de dispersão com os resultados que variam apenas um componente elaborando a partir disso uma linha de tendência logarítmica justificada pelo fato de que o ganho de resistência do prisma (Fpk) decorrente do aumento da resistência

ISSN 2317-1316

dos componentes não ocorre de maneira linear. Conforme apontado por Parsekian, Hamid e Drysdale (2012), a partir de um determinado patamar em que a resistência da argamassa se equipara ou supera a resistência do bloco, o mecanismo de ruptura passa a ser governado pelas tensões de tração transversal no bloco, tornando os acréscimos de resistência do prisma progressivamente menores. O Gráfico 1 demonstra a resistência do prisma oco em função da variação da resistência da argamassa. O Gráfico 2 apresenta a resistência do prisma cheio com a variação da argamassa, e o Gráfico 3 exibe o comportamento do prisma cheio mantendo-se uma resistência fixa de argamassa e alterando-se a resistência do graute.

Gráfico 1. Ensaio de Prisma Oco.



$$Fpk = 0{,}383 \times ln(fa) + 3{,}6541 \quad (1)$$

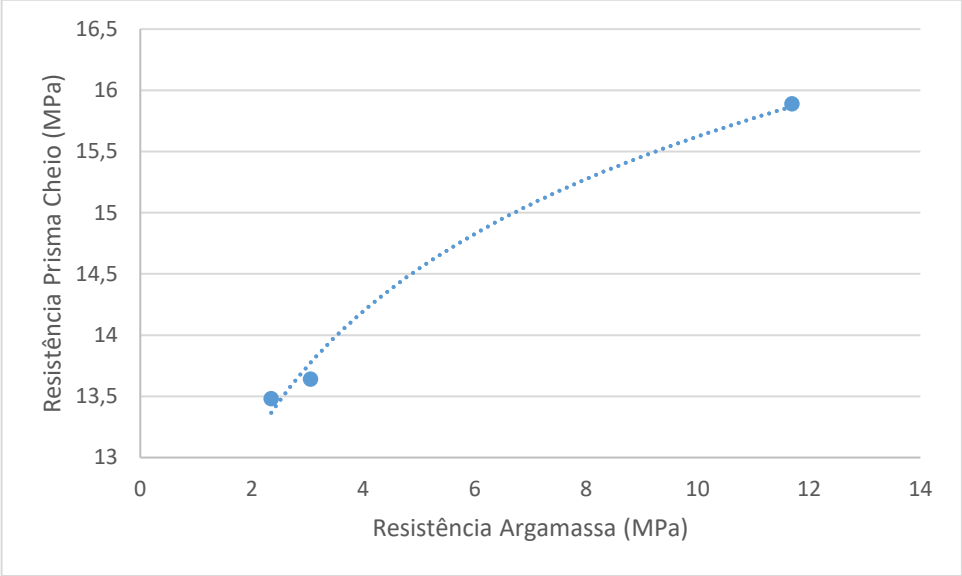
$$R^2 = 0{,}9889 \quad (2)$$

(R² = coeficiente de determinação)

(fa = Resistencia da argamassa)

ISSN 2317-1316

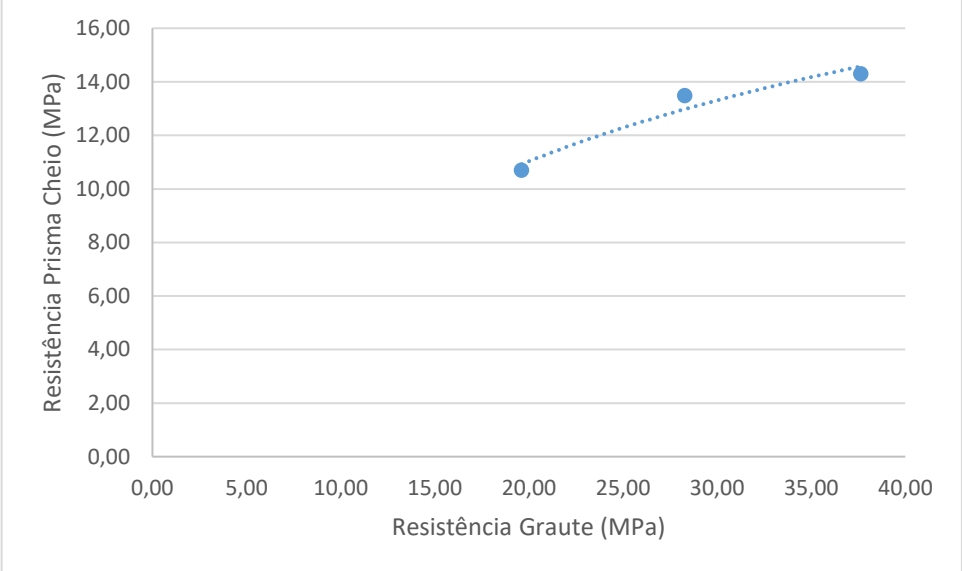
Gráfico 2. Ensaio de Prisma Cheio – Argamassa.



$$Fpk *= 1{,}5587 \times \ln(fa) + 12{,}034 \quad (3)$$

$$R^2 = 0{,}9911 \quad (4)$$

Gráfico 3. Ensaio de Prisma Cheio – Graute.



$$Fpk * = 5{,}6182 \times \ln(Fgk) - 5{,}8023 \quad (5)$$

$$R^2 = 0{,}9464 \quad (6)$$

(fgk = Resistencia do graute)

Com estas fórmulas conseguimos estipular as resistências de prisma cheio e oco para diferentes resistências de graute e argamassa, nas mesmas condições de resistência do bloco, mão de obra e ambiente.

ISSN 2317-1316

Este estudo não levou em consideração que valores muito distantes dos estabelecidos por norma vão alterar o modo de ruptura dos prismas, convidamos estudos posteriores a dar continuidade neste aspecto.

4 CONCLUSÃO

Com base no programa experimental executado com blocos de concreto de 8 MPa e variações nas classes de argamassa (5, 6 e 8 MPa) e graute (15, 20 e 25 MPa), conclui-se que o ganho de resistência à compressão dos prismas ocos e cheios (Fpk) não ocorre de maneira linear, mas segundo uma tendência logarítmica à medida que a resistência dos componentes é elevada. Observou-se que, quando a resistência da argamassa se aproxima ou equipara à do bloco, a ruptura do conjunto passa a ser governada pelas tensões de tração transversal no próprio bloco, tornando os acréscimos de resistência do prisma progressivamente menores e evidenciando a necessidade de harmonização mecânica entre os materiais. Nesse sentido, verifica-se que o graute é o principal responsável pelos ganhos de resistência mecânica, apresentando uma contribuição substancialmente superior à da argamassa — a qual exerce uma variação mais branda na resistência final do conjunto. Todavia, nota-se que, mesmo com o emprego de grautes com resistência superior, o incremento na resistência global do prisma não ocorre de forma diretamente proporcional. Ademais, as variações de desempenho verificadas nas misturas pré-misturadas industrializadas reforçam a importância do rigoroso controle tecnológico na execução e moldagem dos corpos de prova. Para trabalhos futuros, sugere-se investigar o comportamento dos prismas e a alteração nos modos de ruptura utilizando valores de resistência fora das faixas normatizadas. Os autores expressam seus agradecimentos à Faculdade de Engenharia da Universidade Santa Cecília, ao nosso orientador Paulo Andrade, ao nosso coorientador Miguel Gonçalves, ao professor Pedro Andrade e a todos os apoiadores e laboratórios que viabilizaram a realização deste estudo.

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Declaração de Uso de IA: Durante a elaboração deste trabalho, utilizaram-se as ferramentas Gemini e ChatGPT para revisões e auxílio na elaboração de textos. O conteúdo

ISSN 2317-1316

gerado foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo texto final."

6 REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16868-1: Alvenaria estrutural — Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16868-2: Alvenaria estrutural — Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 16868-3: Alvenaria estrutural — Parte 3: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

MOHAMAD, G. Alvenaria Estrutural: materiais, elementos e comportamento estrutural. São Paulo: Blucher, 2015.

Parsekian, Guilherme Aris; Hamid, A. A.; Drysdale, R. G. Alvenaria Estrutural: Construindo o Conhecimento. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

Parsekian, Guilherme Aris; MEDEIROS, Wallison Angelim. Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto. 2. ed. rev. e atual. conforme ABNT NBR 16868:2020. São Carlos: EdUFSCar, 2020

Ramalho, M. A.; Corrêa, M. R. S. Projetos de Edifícios de Alvenaria Estrutural. 2. ed. São Paulo: Editora PINI, 2016.