

Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos

Influence of the type of mortar and its fresh properties on the mechanical properties of concrete blocks structural masonry for high-rise buildings

Rudiele Aparecida Schankoski¹, Luiz Roberto Prudêncio Jr.²,
Ronaldo Pilar³

¹ GTec – Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes à Base de Cimento Portland – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, e-mail: rudiele_as@yahoo.com.br

² Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, prudenciouk@hotmail.com;

³ Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, ronaldo_pilar@hotmail.com.

RESUMO

O uso da alvenaria estrutural de blocos de concreto na construção de edifícios altos tem aumentado nos últimos anos em função da economia e racionalização que proporciona aos empreendimentos. Nessa busca pela otimização dos processos, o emprego de novos materiais, como as argamassas industrializadas, tem aumentado significativamente. Essas argamassas geralmente possuem aditivos na sua constituição, e apresentam vantagens de utilização, pois reduzem a responsabilidade de dosagem em obra, facilitam a gestão do canteiro e agilizam o processo de mistura e aplicação. Entretanto, em função da presença de aditivos, estudos indicam que essas argamassas, quando usadas para assentamento de blocos para alvenaria estrutural de resistências elevadas, podem não apresentar aderência adequada ao bloco, além de diminuir drasticamente o fator de eficiência e mudar o mecanismo de ruptura da alvenaria, que passa a ser por esmagamento da junta. Diante disso, foi estudado o desempenho de argamassas industrializadas ofertadas no mercado bem como traços de argamassas mistas empregados no Brasil para alvenarias estruturais de blocos de concreto de elevada resistência à compressão (16 Mpa), para construção de edifícios altos em alvenaria estrutural. A análise baseou-se na resistência à compressão, aderência e mecanismo de ruptura de prismas. Com base nas propriedades desejadas para argamassas empregadas em alvenaria estrutural de edifícios altos, o estudo concluiu que as argamassas mais comumente utilizadas no Brasil, não possuem a capacidade de gerar alvenarias com desempenho totalmente satisfatório.

Palavras-chave: Aderência. Alvenaria estrutural. Argamassa. Argamassa Industrializada. Bloco de concreto.

ABSTRACT

The use of concrete blocks masonry for the construction of *high-rise*, multi-storey buildings has intensified in recent years due to the economy and good performance that gives to the enterprises. In this search for optimization of the processes, the use of new materials such as industrialized mortar has increased significantly. These mortars often contain admixtures in their composition, and their use are advantageous, since they reduce the responsibility for dosage at the construction site, making easier the management of the construction, and speeding the mix process and application. However, due to the presence of admixtures, studies indicate that these mortars, when used for laying blocks for structural masonry, may not provide adequate adhesion between the block and the mortar joint, and drastically reduces the efficiency factor and change the mechanism of rupture of masonry, into crushing of the joints. Thus, this study aims at studying the performance of industrial mortars offered in the market, as well as the mix proportion of mixed mortars usually adopted in Brazil, when used for laying structural masonry made of high strength concrete blocks (16 MPa), for construction of high-rise buildings in structural masonry. The analysis was conducted based on results of compressive strength, adhesion and the mechanism of rupture of prisms. Considering all the desired properties for

structural masonry's mortars used in high-rise buildings, the main features of mortars and dosage used nowadays in Brazil do not meet the requirements to generate fully satisfactory performance of the masonry.

Keywords: Adhesion. Structural masonry, Mortar, Industrialized mortar, Concrete block.

INTRODUÇÃO

O sistema construtivo em alvenaria estrutural de blocos de concreto é largamente utilizado no Brasil, e atualmente o seu emprego para construção de edifícios altos (acima de 12 pavimentos) tem se intensificado. Nesse tipo de estrutura, os blocos de concreto empregados nos primeiros pavimentos geralmente possuem resistências acima de 12 MPa. De acordo com vários autores, entre eles Oztekin, Pul e Husem [1] e Poon e Lam [2], para atingirem essa resistência, os blocos devem possuir alta compactidade e porosidade superficial reduzida, fato que pode dificultar a aderência com a argamassa de assentamento.

Aliado a isso, as construtoras têm aumentado o uso de argamassas industrializadas, com o objetivo de melhorar a produtividade e diminuir a responsabilidade da dosagem das argamassas em obra. Essas argamassas são caracterizadas pela presença de diferentes aditivos na sua formulação, a fim de cumprir uma série de requisitos relacionados a sua trabalhabilidade, propriedades no estado endurecido e comportamento a longo prazo (KACI; CHAOUCHE; ANDRÉANI [3]). Além dos plastificantes, os aditivos frequentemente empregados nas argamassas industrializadas são os retentores de água e incorporadores de ar.

Em relação à retenção de água, as argamassas devem apresentar valores dentro de limites toleráveis para que não comprometa o desempenho da parede de alvenaria. Uma retenção muito baixa causa perda de trabalhabilidade no momento do assentamento e faz com que a junta de argamassa fique com falhas, o que prejudica a aderência. Por outro lado, quando a argamassa tem grande retenção, pode não ocorrer uma aderência adequada, pois a transferência de água junto com os materiais cimentícios, que formará o elo de contato, será reduzida (PANARESE; KOSMATKA; RANDALL JR., [4]).

As normas brasileiras que abordam retenção de água e que estão em vigor atualmente, não prescrevem limites para essa propriedade. A ASTM C 270 [5] especifica, para argamassas de assentamento, que a retenção de água deve ser superior a 75%. No entanto, apesar de ser um parâmetro fundamental, nenhuma norma cita um valor máximo de retenção de água.

Os aditivos incorporadores de ar modificam a reologia das argamassas e conferem, no estado fresco, maior mobilidade, melhor coesão e plasticidade. Essas propriedades influenciam diretamente na qualidade do serviço do operário, que reflete nas propriedades do estado endurecido da alvenaria.

Apesar de melhorar as características do estado fresco, a presença de incorporadores de ar pode diminuir consideravelmente a extensão de aderência entre bloco e junta e levar ao aparecimento de fissuras horizontais principalmente nas paredes externas dos edifícios, as quais estão sujeitas a maiores tensões laterais oriundas do vento (KIM; ROBERTSON, [6]; CARASEK [7]; ABDU *et al.*[8]; CASALI [9]). No caso de blocos de resistência elevada, essas argamassas podem diminuir o fator de eficiência e modificar o mecanismo de ruptura da alvenaria. Algumas pesquisas mostram que, quando se faz uso de argamassas com teor de ar excessivo e baixa resistência à compressão, como é o caso de algumas argamassas industrializadas, a ruptura passa a ser por esmagamento da junta ao invés de tração no bloco que é a forma mais desejável, pois assim se aproveita todo o potencial resistente da unidade (MOHAMAD; LOURENÇO; ROMAN [10]; CASALI [9]). De acordo com trabalhos de Mohamad, Lourenço e Roman [10], o modo de ruptura da alvenaria é de fundamental importância para estabelecer uma compatibilidade entre o bloco e junta de argamassa de forma a aumentar o desempenho à compressão da parede.

Alheias a isso, muitas empresas têm optado por empregar uma central única de produção e utilizar somente um tipo de argamassa industrializada (argamassa múltiplo uso) para várias aplicações. Esta opção pressupõe que existe um tipo único de argamassa que satisfaça os requisitos mínimos exigidos para as suas diversas utilizações, o que dificilmente pode ser obtido. Em especial, para o assentamento da alvenaria estrutural, o emprego dessas argamassas, geralmente não conduz a resultados satisfatórios (YOSHIDA; BARROS, [14]; NAKAKURA; CINCOTTO, [15]), e no caso de edifícios altos esse problema pode ser acentuado.

Já existem no mercado argamassas industrializadas para uso específico em assentamento de alvenarias estruturais, com diversos níveis de resistência à compressão (entre 5 a 14 MPa) para atender este mercado em expansão. No entanto, poucos estudos foram realizados para avaliar experimentalmente o desempenho das alvenarias com elas confeccionadas, principalmente daquelas produzidas com blocos de resistência elevada. Vale salientar também a preocupação com a aderência entre bloco e junta de argamassa, especialmente quando utiliza-se substrato de baixa porosidade. O valor mínimo de resistência de aderência recomendado pela

NBR 15961 [11], é de 0,15 MPa para argamassas com resistência à compressão entre 3,5 e 7,0 MPa; e de 0,20 MPa para argamassas com resistência superior a 7,0 MPa.

Outra questão importante em relação as argamassas de assentamento, é a rápida perda de trabalhabilidade. Esse é um fator determinante para que o operário produza, com rendimento otimizado, um trabalho adequado, rápido e econômico. A avaliação do estado fresco de argamassas geralmente é feita com base na determinação do índice de consistência, também conhecido como *flow table* (ABNT 13276 [12]). Para argamassas de assentamento empregadas em obras de alvenaria estrutural, o índice de consistência é entre 230 e 280 mm, segundo PRUDÊNCIO, OLIVEIRA E BEDIN [13], que é um valor muito amplo e fortemente dependente da composição da argamassa. Para uma melhor representação da situação real, o estudo de argamassas de assentamento para alvenaria estrutural, deve ser inserido no processo construtivo, a fim de estudá-la como um componente da alvenaria, e não de forma individual. Diante disso, Casali e Prudêncio [20] preconizaram a utilização de um equipamento, denominado GTec Teste, que avalia a trabalhabilidade da mistura com a simulação de um assentamento real, por meio da deformação inicial da junta de argamassas após a colocação da unidade, e a energia necessária para que a junta se deforme e apresente uma espessura de 1,0 cm. Esse método é capaz de mensurar a consistência, plasticidade e coesão da argamassa de assentamento, e representar de forma adequada a real situação em obra.

A influência das argamassas de assentamento no desempenho das alvenarias estruturais é grande, e a negligência de suas propriedades pode ocasionar problemas na edificação devido ao uso incorreto do material. Assim, uma análise experimental do comportamento do produto em uso é extremamente importante para evitar futuras complicações (HENDRY [16]; DIAMOND [17]; MOHAMAD; LOURENÇO; ROMAN, [10]).

Diante disso, esse trabalho teve como objetivo estudar o desempenho de argamassas industrializadas ofertadas no mercado bem como traços de argamassas mistas empregados usualmente, com a adição de retentor de água e desincorporador de ar para alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos. A análise foi conduzida com base em resultados de trabalhabilidade, teor de ar incorporado, retenção de água e resistência à compressão das argamassas; e resistência à compressão, aderência, mecanismo de ruptura e controle das deformações de prismas.

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Neste estudo foi empregado somente um tipo de bloco, combinado com sete tipos de argamassa (4 argamassas industrializadas e 3 argamassas mistas). Com esses materiais foram moldados prismas de três e de quatro fiadas para análise do fator de eficiência e aderência da alvenaria, respectivamente.

As unidades empregadas no trabalho foram blocos de concreto vazados com dimensões de 19 x 14 x 39 cm (altura x largura x comprimento), e com resistência característica nominal de 16 MPa.

Dentre argamassas industrializadas testadas, duas delas eram do tipo estrutural, indicadas para assentamento de blocos em alvenaria estrutural (argamassa estrutural de 10 e de 5 MPa), uma argamassa do tipo “múltiplo uso”, recomendada para assentamento de alvenaria e reboco, e a quarta consistia em uma argamassa colante, empregada para assentamento de cerâmicas. Essa última argamassa foi utilizada para verificar se os aditivos presentes na sua constituição seriam capazes de melhorar a interface bloco/junta de alvenarias estruturais devido a suas propriedades adesivas. Para isso, utilizou-se 20% de argamassa colante em substituição à argamassa industrializada estrutural de maior resistência. Essa proporção foi definida em testes preliminares a esse trabalho disponível em Schankoski [18]. As características das argamassas industrializadas empregadas nesse trabalho podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características das argamassas e recomendações do fabricante.

NOME COMERCIAL	INDICAÇÃO DE USO	RESISTÊNCIA NOMINAL (MPa)	TEOR DE ÁGUA ¹
Argamassa Estrutural de 10 MPa (AE 10)	Assentamento estrutural	10	15,6 – 16,6
Argamassa Estrutural de 5 MPa (AE 5)	Assentamento estrutural	5	15,6 – 16,6
Múltiplo Uso (M.U)	Reboco e assentamento	5	16,0 – 17,0
Argamassa Colante (ACI)	Assentamento de revestimento cerâmico	--	16,0 – 17,0

¹ teor de água recomendado pelo fabricante em relação aos materiais secos (%).

Foram dosadas também três argamassas mistas de cal e cimento, pois são misturas muito utilizadas no Brasil, e apresentam resultados satisfatórios em alvenaria estrutural com blocos de até 9 MPa de resistência à compressão na área bruta, conforme Prudêncio, Oliveira e Bedin [13]. Foram testadas duas argamassas mistas sem aditivo, uma com traço pobre e outra rico. O traço pobre (1:1:4 em volume) é largamente empregado em obras para assentamento de alvenaria e é recomendado por alguns pesquisadores (CASALI [9]; PRUDÊNCIO, OLIVEIRA E BEDIN [13]; PANARESE; KOSMATKA; RANDALL JR., [4]). O traço rico foi determinado experimentalmente, a partir do primeiro traço, com o objetivo de testar uma argamassa com maior consumo de cimento, uma vez que fez-se uso de blocos de elevada resistência.

O terceiro traço utilizado foi uma mistura rica com a adição de éter de celulose, principal aditivo de argamassas colantes, com o objetivo de melhorar a aderência bloco/junta. Nessa última argamassa, além do éter de celulose, foi necessária a utilização de desincorporador de ar, pois testes preliminares indicaram que a presença do éter de celulose aumentava significativamente a incorporação de ar na mistura. Com base nas recomendações do fabricante, definiram-se os teores ótimos desses aditivos. Esses teores correspondem a 0,2% de éter de celulose (material sólido) e de 0,08% de desincorporador de ar (material sólido), ambos em relação à massa de materiais secos. Na Tabela 2 podem-se identificar os traços usados nas argamassas mistas bem como a identificação de todas as argamassas empregadas.

Para confecção das argamassas mistas de assentamento, foram empregados os seguintes materiais: cimento Portland composto com adição pozolânica (cinza volante), CP II Z 32; cal hidratada do tipo CH III e agregado miúdo natural de origem quartzosa com módulo de finura de aproximadamente 2,01.

Tabela 2: Identificação e descrição das argamassas empregadas.

IDENTIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
I.AE 10	Industrializada: Argamassa estrutural de 10 MPa
I.AE 5	Industrializada: Argamassa estrutural de 5 MPa
I.M.U.	Industrializada: Argamassa de Múltiplo Uso
I.AE10+20%AC	Industrializada: Mistura de 80% de AE10 com 20% de argamassa colante
M.T.P.	Mista com traço pobre: 1:0,57:4,85 em massa; e 1:1:4 em volume (cimento:cal:areia)
M.T.R.	Mista com traço rico: 1:0,57:4 em massa; e 1:1:3,3 em volume
M.E.D.	Mista com traço rico (1:0,57:4 em massa) com 0,2% de éter de celulose e 0,08% de desincorporador de ar.

2.2 Métodos

2.2.1 Caracterização dos Blocos

Como neste trabalho os blocos de concreto não foram considerados variáveis, antes da moldagem dos prismas foi realizada uma separação por massa das peças, para que não houvesse influência da compactação dos blocos no comportamento dos prismas. Desta forma, os blocos foram classificados em três grupos: leves, intermediários e pesados. Do grupo dos intermediários foram retiradas seis unidades para serem ensaiadas à compressão, e também as unidades que foram assentadas na posição central dos prismas. O grupo de blocos leves e pesados foram utilizados no assentamento da fiada inferior e superior dos prismas (terceira fiada nos prismas para compressão e quarta fiada nos prismas para flexão).

Vale salientar que a verificação da resistência dos blocos é um parâmetro importante para validar o presente trabalho, já que os mesmos devem ser de alta resistência (16 MPa), o que implica em uma dificuldade da argamassa aderir ao substrato, devido à alta compactação do mesmo.

Os blocos intermediários também foram utilizados para ensaio de absorção, segundo a NBR 12118 [19].

2.2.2 Produção das Argamassas e dos Prismas

Para moldagem dos prismas, as argamassas foram produzidas em argamassadeira de eixo fixo com rotação baixa (aproximadamente 100 rpm). A água foi adicionada aos poucos, com base nas recomendações do fabricante (quando se tratava de argamassas industrializadas), até a obtenção da trabalhabilidade desejada, defini-

da pelo GTec Teste, aparelho preconizado por Casali e Prudêncio [20]. O tempo de mistura total variou entre 3 a 4 minutos para todas as argamassas estudadas.

Com a argamassa produzida, procedeu-se a moldagem dos prismas. Foram moldados quatro prismas de três fiadas e quatro prismas de quatro fiadas para cada argamassa estudada. Os prismas de três fiadas foram destinados aos ensaios de resistência à compressão, enquanto que os de quatro fiadas a resistência à tração na flexão, para avaliação da aderência entre o bloco e a junta de argamassa, conforme modelo da Figura 1. Vale salientar que as dimensões na Figura 1 são aproximadas, uma vez que a altura das juntas de argamassa apresentaram pequenas variações. Desta forma, esses valores podem variar em ± 1 cm.

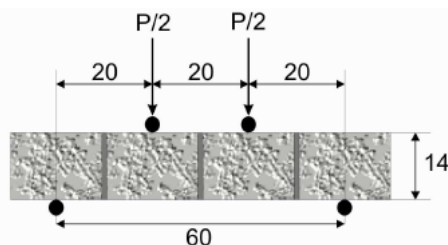


Figura 1: Configuração do ensaio de tração na flexão de prismas de quatro fiadas, de acordo com modelo proposto por Medeiros e Sabbatini [21].

A norma de alvenaria estrutural, NBR 15961 [11], prescreve a moldagem de prismas com cinco fiadas para o ensaio de tração na flexão, em substituição ao de quatro fiadas, que por muito tempo foi o mais empregado para avaliação de tal propriedade. No entanto, essa mudança proposta pela norma complica um ensaio que já era de difícil execução devido ao peso do prisma que, depois de moldado, deve ser transportado e posicionado para o ensaio. Por vezes, esse transporte causa quebras ou desprendimento do bloco, justamente pela dificuldade de manusear o prisma.

Aliado a isso, nas duas juntas de argamassa centrais do prisma de cinco fiadas ocorre uma solicitação de cisalhamento, devido ao peso próprio do conjunto. Esse esforço cortante pode ser significativo na ruptura durante o ensaio, o que prejudica a avaliação isolada da tração na flexão. Já no prisma de quatro fiadas, como existe uma única junta central, o esforço cortante no meio do prisma é nulo, e mensura-se somente a ação do momento fletor.

Por essas razões, neste trabalho, foram empregados prismas de quatro fiadas para avaliação da aderência.

Na data de moldagem dos prismas, foram realizados os testes no estado fresco das argamassas, assim como foram moldados os corpos-de-prova para os ensaios no estado endurecido. A seguir são explanados os ensaios realizados em argamassas.

a) Ensaio no estado fresco:

Os ensaios no estado fresco tinham por objetivo avaliar a aplicabilidade da argamassa, fator que está diretamente relacionado com a qualidade do serviço a ser executado pelo operário. Desta forma, foram realizados os seguintes ensaios:

- Avaliação da coesão e da plasticidade através do GTec Teste: Os limites estipulados por Casali e Prudêncio [17] para que uma argamassa seja considerada adequada para o assentamento são: leitura inicial (LI) entre 1,80 a 1,55 cm e número de golpes entre 7 e 15.
- Retenção de água, prescrita pela NBR 13277 [22], por meio do funil de Büchner modificado.
- Massa específica, de acordo com a NBR 13278 [23].
- Teor de ar incorporado por meio de picnômetro e solução de água e álcool: Descrito por Schankoski *et al.* [24], na qual o teor de ar incorporado é medido pela variação de volume em um recipiente que contém argamassa e a solução de 50% de água e 50% de álcool¹, antes e depois da retirada do ar. O procedimento foi realizado da seguinte forma: o assentador colocava a junta de argamassa no bloco que formaria o prisma, posteriormente assentava a próxima fiada de maneira habitual (nivelada e no prumo), passados dois minutos o bloco da fiada recém-colocada era retirado e cortava-se um pedaço da junta de argamassa com auxílio de uma espátula. Com a amostra era realizado o teste de teor de ar incorporado. Com o uso desse procedimento pode-se conhecer, de maneira mais precisa, o teor de

¹ O álcool apresenta uma viscosidade menor que a da água e isso facilita a flutuação das bolhas de ar.

ar presente na junta de argamassa no prisma.

b) Ensaios no estado endurecido:

Para analisar o comportamento mecânico das argamassas, foram realizados os seguintes ensaios no estado endurecido:

- Determinação da resistência à flexão, com moldagem de três corpos-de-prova prismáticos de 4x4x16 cm conforme prescreve a NBR 13279 [25]. As metades desses corpos-de-prova foram rompidas à compressão, a fim de atender aos requisitos da NBR 15961 [11] que prescreve a moldagem de corpos-de-prova cúbicos (4 cm) para determinação da resistência à compressão.
- Determinação do módulo de elasticidade das argamassas, por meio da moldagem de três corpos-de-prova cilíndricos de 5x10 cm, realizado de forma análoga ao prescrito na NBR 8522 [26].
- Os prismas de três e quatro fiadas e os corpos-de-prova de argamassa foram armazenados e ensaiados aos 28 dias de idade. Os blocos de concreto foram rompidos à compressão na mesma data do rompimento dos prismas, para permitir o cálculo do fator de eficiência (razão entre a resistência do prisma e do bloco). Durante o ensaio de resistência à compressão, as deformações dos prismas foram controladas para cálculo do módulo de elasticidade, conforme prescreve a NBR 15961 [11].

2.2.3 Análise dos Dados

Os dados foram analisados com base nos valores médios obtidos nos corpos-de-prova, por meio de gráficos e métodos estatísticos. Para verificar se os resultados diferiram significativamente entre si, foi aplicada uma comparação múltipla de médias conforme Tabela 3, que sintetiza a rotina de cálculos. Posteriormente, aplicou-se o teste de Duncan para o grupo de médias que diferiram entre si, de acordo com a Equação 1.

Tabela 3: Rotina de cálculo para a análise estatística de comparação múltipla de médias.

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS SQ	GRAUS DE LIBERDADE	MÉDIAS QUADRADAS MQ	F
Entre grupos	$SQG = \sum n_j(x_{ij} - x)^2$	K-1	$MQG = \frac{SQG}{K-1}$	$\frac{MQG}{MQR}$
Residual ou dentro dos grupos	$SQR = \sum (x_{ij} - x_j)^2$	N-K	$MQR = \frac{SQR}{N-K}$	Se F com $F_{\alpha}(K-1;N-K)$ Se $F > F_{\alpha}$ existe diferença significativa entre as médias.
Total	$SQT = \sum (x_{ij} - x)^2$	N-1		

onde,

n_j : número de elementos de cada classe; x_{ij} : valores individuais da matriz; x : média total; x_j : média de cada grupo; K : número de classes (grupos); N : número total de dados; SQT : soma dos quadrados dos resíduos com respeito à média total; SQR : soma dos quadrados dos resíduos com respeito à média de cada grupo; SQG : soma dos quadrados dos resíduos das médias de cada grupo com respeito à média total; F_{α} : distribuição F (grau de diversidade/variedade).

$$S_x = \frac{\sqrt{MQG}}{\sqrt{n_h}} \quad (1)$$

onde,

S_x : Desvio padrão combinado; MQG : média quadrada entre grupos; n_h : média harmônica do número total de dados; r_h : valor tabelado de Studentized Range (1952); $\Delta_{médias}$: diferença entre cada média em ordem crescente. Se $S_x \times r_h > \Delta_{médias}$, existe diferença significativa entre as médias.

Para determinar quais variáveis influenciaram o desempenho dos prismas, fez-se uso de regressão linear, na qual a propriedade em questão era correlacionada com as seguintes características das argamassas: teor de ar incorporado, retenção de água, resistência à compressão e resistência à tração.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Propriedades dos blocos

Na data de rompimento, os blocos tinham aproximadamente 60 dias, pois foram ensaiados na mesma data do rompimento dos prismas, para permitir o cálculo do fator de eficiência. A resistência à compressão média dos blocos foi de 18,65 MPa, com coeficiente de variação de 6,4%. A absorção média dos blocos também foi medida, e obteve-se o valor de 6,35%.

3.2 Propriedades do estado fresco das argamassas

A Tabela 4 apresenta as propriedades do estado fresco das sete argamassas testadas. A quantidade de água das argamassas industrializadas ficou dentro dos limites prescritos pelo fabricante (Tabela 1), exceto a argamassa M.U. na qual colocou-se menos água do que o estipulado, pois a mistura já apresentava trabalhabilidade adequada.

Tabela 4: Propriedades do estado fresco das argamassas utilizadas na moldagem dos prismas.

ARGAMASSAS	TEOR DE ÁGUA ¹ (%)	TRABALHABILIDADE ²				RETENÇÃO DE ÁGUA (%)	γ^3 (kg/m ³)	TEOR DE AR INCORPORADO (%)
		INICIAL		FINAL				
		L.I.	G	L.I.	G			
I. AE 10	15,65	15,5	10	18,0	38	93,5	2112,5	4,2
I. AE 5	15,52	16,0	11	18,5	42	88,5	2126,6	3,6
I. M.U.	13,22	16,5	9	18,0	32	84,2	1872,8	10,6
I.AE 10 +20%AC	16,06	14,0	5	17,5	20	91,2	1987,9	7,9
M.T.P	17,95	17,5	8	18,5	19	87,1	2051,6	1,5
M.T.R	18,42	17,5	6	19,5	15	90,5	2045,7	1,0
M.E.D	18,41	14,0	7	17,5	17	97,1	2033,9	2,8

¹Teor de água em relação aos materiais secos.

²Trabalhabilidade: medida pelo GTec Teste, momentos após o término da mistura (Inicial) e passados aproximadamente 40 minutos (Final). L.I corresponde a primeira leitura no aparelho, e G o número de golpes necessários para que a junta apresente espessura de 1,0 cm.

³ γ : Massa específica da argamassa.

Com a análise dos valores de trabalhabilidade da Tabela 4 percebe-se que todas as argamassas apresentaram valores de consistência inicial e plasticidade adequadas, quando avaliadas pelo GTec Teste. No entanto, com o passar do tempo não mantiveram essa trabalhabilidade, conforme pode ser observado pela coluna que representa os valores de trabalhabilidade final.

Em relação à retenção de água, todas as argamassas atingiram o valor de 75%, prescrito pela ASTM C 270 [5]. A maior retenção observada foi da argamassa M.E.D, como já era de se esperar pela presença de éter de celulose. No entanto, a presença de retentor de água nessa argamassa não evitou que a mesma perdesse trabalhabilidade aos 40 minutos apesar de que a queda de fluidez e plasticidade não foi tão acentuada quanto a das argamassas I.AE 10, I.AE 5 e I.M.U.

A argamassa que apresentou maior teor de ar incorporado foi a de múltiplo uso (I.M.U.). Isso indica que há adição de incorporador de ar na sua constituição. Isso já era de se esperar, uma vez que essa argamassa necessitou de um menor teor de água para que ficasse com consistência adequada ao assentamento, resultado da presença de bolhas de ar que auxiliaram nessa propriedade. Percebeu-se também, que a adição de argamassa colante à argamassa estrutural de 10 MPa provocou um aumento significativo no teor de ar incorporado, possivelmente pela presença de retentor de água na argamassa colante. Da mesma forma, a argamassa M.E.D, composta por éter de celulose (retentor de água), apesar de conter aditivo desincorporador de ar, apresentou aumento no teor de ar incorporado na mistura, quando comparada com a argamassa sem aditivos e com o mesmo traço, M.T.R. Isso ocorre devido à ação tensoativa advinda desse aditivo, uma vez que o éter de celulose causa um aumento da viscosidade da mistura e estabilização do ar aprisionado (PORUCHEZ *et al*, 2010 [27]). Segundo Beall (1987) [28], o teor de ar incorporado com o uso de aditivos deve ser estipulado

entre 12 a 15% para não reduzir a resistência de aderência. Com base nessa recomendação, todas as argamassas apresentaram valores adequados.

3.3 Resultados do estado endurecido

A Tabela 5 apresenta os resultados do estado endurecido das argamassas, resistência à compressão e à tração na flexão; a resistência à compressão dos prismas de três fiadas, o fator de eficiência da alvenaria (relação entre a resistência do prisma e do bloco) e módulo de elasticidade médio das argamassas e dos prismas.

Tabela 5: Resultados dos ensaios no estado endurecido das argamassas dos prismas de três fiadas.

ARGAMASSAS	RESISTÊNCIA MÉDIA DAS ARGAMASSAS (MPa)		RESISTÊNCIA PRISMAS (MPa)		FATOR DE EFICIÊNCIA		MÓDULO DE ELASTICIDADE (GPa)	
	Compressão	Tração na Flexão	Média ¹	Pot. ²	Média ¹	Pot. ²	Argamassas	Prismas
I.AE 10	11,95	3,26	9,29	11,73	0,5	0,63	13,90	9,09
I.AE 5	6,07	2,11	7,77	11,32	0,42	0,61	9,00	7,43
I.M.U.	7,48	3,27	8,59	9,84	0,46	0,53	9,50	9,88
I.AE 10 + 20% AC	10,19	3,70	11,83	14,07	0,62	0,75	11,00	13,55
M.T.P	11,98	3,17	11,58	13,13	0,68	0,70	10,70	10,98
M.T.R	16,24	4,26	15,08	16,59	0,81	0,90	11,60	13,96
M.E.D	16,42	5,40	13,6	14,65	0,73	0,79	10,90	11,82

¹ Resistência média dos quatro prismas.

² Pot.: resistência potencial dos prismas, ou seja maior resistência encontrada nos quatro prismas.

Percebe-se que o maior fator de eficiência dos prismas ocorreu com o emprego da argamassa M.T.R, seguida da argamassa M.E.D, que também foram as argamassas mais resistentes à compressão e à tração na flexão. A argamassa M.T.R apresentou o maior módulo de elasticidade e, conseqüentemente, gerou prismas mais rígidos. Vale salientar que as argamassas mistas apresentaram menor massa específica no estado fresco do que as argamassas industrializadas estruturais, conforme apresentado na Tabela 4.

Entre as argamassas industrializadas o melhor fator de eficiência ocorreu com a I.AE10 +20%AC, 0,62. Percebe-se também, que apesar da resistência à compressão da argamassa ter diminuído cerca de 15% com a adição de argamassa colante na AE 10, a resistência do prisma aumentou 27%. Isso pode ter ocorrido devido à presença de aditivo retentor de água, que contribuiu para o assentamento de uma junta com menos defeitos e menos fissuras por ter um maior tempo em aberto.

Em relação ao módulo de elasticidade dos prismas, percebeu-se que este apresenta uma relação diretamente proporcional com a resistência à compressão dos mesmos. No entanto, não apresentaram nenhuma tendência com o módulo de elasticidade das argamassas empregadas, possivelmente pela desincorporação de ar que ocorre no assentamento da junta, que corresponde à quantidade de ar real presente, e difere da situação do corpo-de-prova cilíndrico de 5x10 cm.

A fim de se conhecer o comportamento da alvenaria desde o momento em que ela deixa de ser um conjunto monolítico até sua ruptura, durante a instrumentação dos prismas controlou-se o nível de carregamento no qual o prisma estava submetido no momento em que foi visível o esmagamento da junta de argamassa e, também, o aparecimento de fissuras nos blocos. A carga de esmagamento da argamassa fornece um indicativo de uma modificação acentuada do comportamento estrutural do prisma. Pela instrumentação, entretanto, observou-se que o escoamento da argamassa ocorreu em cargas inferiores àquelas em que se pôde constatar visualmente o esmagamento.

Para mensurar a tensão de escoamento da argamassa, definiu-se que a mesma ocorria quando a deformação específica dobrava seu valor de uma leitura para outra, com intervalo de carga de 25 KN. Desta forma, pode-se obter uma estimativa do momento em que o prisma deixou de apresentar um comportamento monolítico, como pode ser observado na Tabela 6.

A análise desses resultados permite concluir que os prismas moldados com argamassas industrializadas começaram a apresentar grandes deformações muito antes de romperem (com menos de 70% da tensão

de ruptura), e exibiram esmagamento visível em seguida. As argamassas M.T.R e M.E.D não apresentaram esmagamento da junta, e romperam por tração no bloco.

A forma de ruptura dos prismas pode ser visualizada na Figura 2 e na Figura 3, que mostram os dois tipos de ruptura que ocorreram no rompimento dos prismas: esmagamento da junta e tração no bloco.

Tabela 6: Comportamento dos prismas durante a aplicação de carga compressiva (MPa) até o rompimento.

ARG.	CP	JUNTA DE ARGAMASSA:		FISSURAÇÃO DO BLOCO	ROMPIMENTO PRISMA	ESCOAM. / RUPTURA	FORMA DE RUPTURA
		Escoam. ¹	Esmag. ²				
I.AE 10	P1	7,33	7,51	8,00	9,87	0,74	Esmagamento da junta
	P2	7,50	8,24	-	11,10	0,68	
	P3	-	-	-	4,45		
	P4	8,00	9,52	-	11,73	0,68	
	média						
I.AE 5	P1	3,60	8,55	8,97	9,32	0,39	Esmagamento da junta
	P2	3,21	4,74	-	5,40	0,59	
	P3	3,50	-	6,14	8,12	0,43	
	P4	3,20	4,20	-	6,24	0,51	
	média						
I.M.U	P1	3,66	5,59	4,40	7,70	0,48	Esmagamento da junta
	P2	4,50	6,34	-	7,32	0,61	
	P3	6,60	7,88	6,96	9,84	0,67	
	P4	5,04	7,45	7,71	9,51	0,53	
	média						
I.AE 10 + 20%AC	P1	5,95	8,97	9,16	9,23	0,64	Esmagamento da junta
	P2	7,00	13,22	12,23	14,07	0,50	
	P3	7,50	11,54	11,54	11,85	0,63	
	P4	8,20	11,34	6,96	12,16	0,67	
	média						
M.T.P	P1	6,87	7,60*	7,67	10,38	0,66	Ruptura do Conjunto
	P2	10,99	12,45*	11,72	13,13	0,84	
	P3	7,78	8,42*	5,49	10,05	0,77	
	P4	9,20	-	6,59	12,76	0,72	
	média						
M.T.R	P1	12,82	-	9,89	14,10	0,91	Tração no bloco
	P2	10,92	-	10,26	16,59	0,66	
	P3	11,45	-	8,06	15,38	0,74	
	P4	12,36	-	8,61	14,22	0,87	
	média						
M.E.D	P1	10,53	-	10,81	14,10	0,75	Tração no bloco
	P2	9,24	-	10,26	11,90	0,78	
	P3	9,76	-	6,78	13,74	0,71	
	P4	10,70	-	10,26	14,65	0,73	
	média						

¹ Escoamento; ² Esmagamento; * não ocorreu esmagamento da junta e sim um leve esfacelamento da mesma.



Figura 2: Prisma com ruptura por esmagamento da junta.

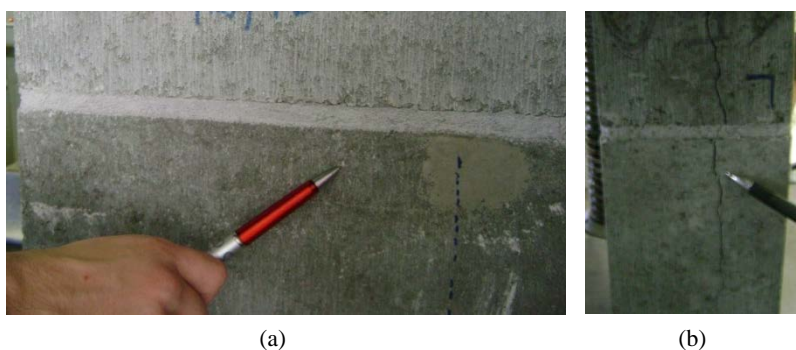


Figura 3: Prisma com rompimento por tração no bloco. (a) junta de argamassa intacta após o rompimento; (b) fissuras no bloco na parte lateral do prisma.

A Tabela 7 apresenta os resultados de aderência média e potencial dos prismas de quatro fiadas moldados com as respectivas argamassas. A aderência foi calculada de acordo com equações da resistência dos materiais e análise estrutural (na área líquida e como viga bi-apoiada com balanço) e também com as fórmulas prescritas pela NBR 15961 [11], que considera a área bruta das unidades e uma viga bi-apoiada sem balanços. As simplificações da norma para cálculo da tração na flexão tornam a avaliação dessa propriedade mais restritiva.

Tabela 7: Resultado da aderência dos prismas de quatro fiadas.

ARGAMASSAS	ADERÊNCIA (MPa)		ADERÊNCIA (MPa) NBR 15961	
	MÉDIA	POTENCIAL	MÉDIA	POTENCIAL
I.AE 10	0,057	0,099	0,047	0,080
I.AE 5	0,044	0,094	0,038	0,076
I.M.U.	0,028	0,031	0,025	0,027
I.AE 10 +20%AC	0,061	0,119	0,050	0,096
M.T.P	0,043	0,060	0,036	0,049
M.T.R	0,046	0,056	0,038	0,046
M.E.D	0,048	0,079	0,040	0,049

A maior resistência à tração na flexão ocorreu nos prismas moldados com a argamassa industrializada I.AE 10+20%AC. A adição de 20% de argamassa colante melhorou essa propriedade em cerca de 7%, quando comparada com os valores dos prismas moldados somente com I.AE 10 . O pior resultado foi observado com a argamassa I.M.U. As argamassas mistas apresentaram valores intermediários em relação ao conjunto

de argamassas. Houve uma melhora na aderência com o uso de argamassas mais ricas e também com o uso de aditivo retentor de água e desincorporador de ar. A argamassa M.T.R. apresentou aderência 7% superior que a M.T.P, e 4% inferior que a M.E.D.

A argamassa I.AE 10+20% AC conduziu aos maiores resultados de aderência dos prismas. Apesar disso, a resistência à tração na flexão dos mesmos ficou muito aquém do estipulado pela NBR 15961 [11]. Desta forma, nenhuma das argamassas estudadas satisfaz as exigências da norma.

A correlação entre a aderência dos prismas e o teor de ar incorporado nas juntas de argamassa dos mesmos diferiu do esperado. Apesar dos prismas moldados com I.M.U apresentarem as piores aderências e também os maiores teores de ar incorporado, as demais argamassas não apresentaram tal comportamento, em especial, as demais argamassas industrializadas. Argamassas com até 8% de ar incorporado formaram prismas mais aderentes no sentido crescente (quanto maior o teor de ar, maior a aderência). Esse fato pode ter ocorrido porque, até um determinado valor de ar aprisionado, as características do estado fresco são beneficiadas, o que facilita a aplicação da argamassa e consequentemente, cria uma junta com menos falhas, o que compensa a diminuição na extensão de aderência.

Em relação à retenção de água em 15 minutos, percebe-se que nas argamassas mistas, quanto maior a retenção de água, maior foi a tensão de aderência. Nas argamassas industrializadas constituídas de AE 10, percebeu-se que a adição de retentor de água presente na argamassa colante aumentou a retenção de água em cerca de 9%, enquanto que o aumento de aderência foi de aproximadamente 7%.

Na Figura 4 pode-se observar a relação entre o fator de eficiência dos prismas e a aderência e, pela qual, pode-se observar que não é possível afirmar que essas propriedades estejam diretamente interligadas, isso porque argamassas que geraram prismas de alta resistência à compressão não necessariamente resultaram nas melhores aderências bloco/junta.

As validações estatísticas desses resultados serão discutidas no próximo tópico.

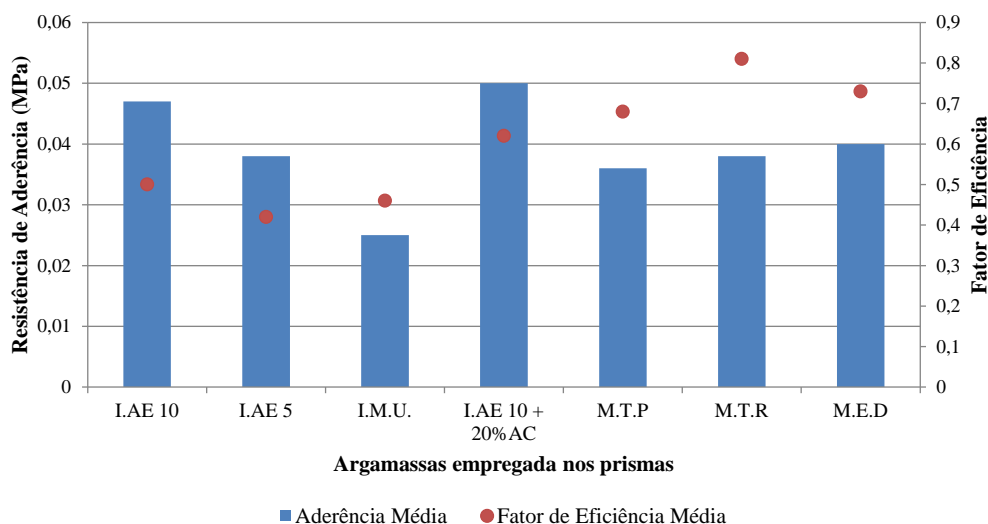


Figura 4: Fator de eficiência e aderência dos prismas.

3.4. Análises Estatísticas

Algumas análises estatísticas já foram realizadas durante a apresentação e discussão dos resultados, com o objetivo de validar as conclusões expostas.

3.4.1 Análise Estatística da Resistência à Compressão de Prismas

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos na ANOVA com um nível de significância de 5%. O resumo das conclusões obtidas pelo teste de Duncan está apresentado na Tabela 9 e na Tabela 10.

Tabela 8: Resultados obtidos na comparação múltipla de médias das resistências à compressão dos prismas.

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS PRISMAS

FONTE	SOMA DOS QUADRADOS SQ	GRAUS DE LIBERDADE	MÉDIAS QUADRADAS MQ	F (0,05)
Entre grupos	173,84	6	28,97	7,055
Residual	86,25	21	4,11	2,573
Total	177,95	27	Distribuição F (0,05) = 6,21	

Tabela 9: Resultados do teste de Duncan

rk	2	3	4	5	6	7
GDL = 21	2,943	3,568	3,945	4,223	4,430	4,600
Rk	2,981	3,615	3,997	4,278	4,489	4,661

Tabela 10: Conclusão do teste de Duncan para as médias das resistências à compressão dos prismas.

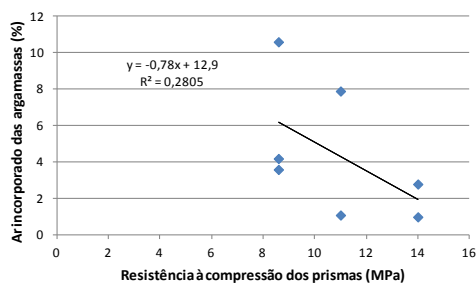
I.AE 5	I.M.U	I.AE 10	M.T.P	AE10+20% AC	M.E.D	M.T.R
7,770	8,594	9,288	11,582	11,827	13,599	15,076

Essa análise mostrou que a resistência dos prismas confeccionados com as argamassas mistas com traço rico com e sem aditivos, M.T.R e M.E.D, não diferem significativamente entre si, tampouco em relação a argamassas I.AE10+20%AC. As argamassas industrializadas I.AE 10, I.AE 5 e I.M.U. também não apresentam comportamento distinto.

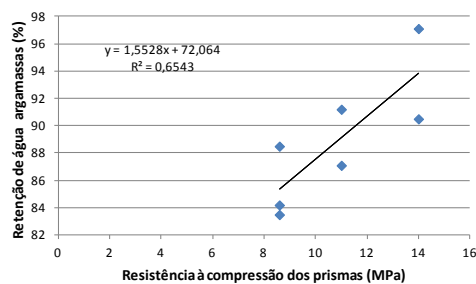
Mostrou também que a adição de 20% de argamassa colante na AE 10 aumentou a resistência dos prismas de forma significativa, com 95% de confiabilidade.

Por fim, pode-se dizer que as argamassas I.AE10, I.AE 5 e I.M.U. originaram prismas menos resistentes que as argamassas mistas M.T.R e M.E.D e a AE10+20%AC.

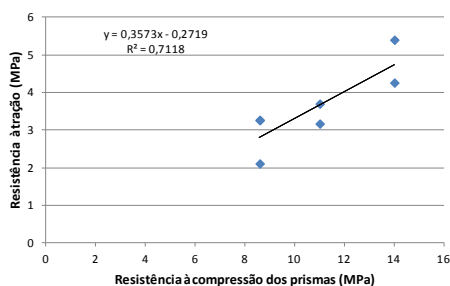
Para analisar as variáveis que influenciam na resistência à compressão dos prismas, as argamassas que não apresentaram diferença significativa avaliada pelo teste de Duncan foram alocadas em um mesmo grupo com a mesma resistência à compressão. A resistência à compressão dos prismas foi correlacionada por meio de regressão linear com as seguintes características das argamassas: teor de ar incorporado, retenção de água, resistência à compressão e resistência à tração. O resultado das regressões pode ser visualizado na Figura 5, na qual é possível concluir que das variáveis citadas, a retenção de água, resistência à tração e à compressão da argamassa, influenciam significativamente na resistência à compressão do prisma, com 95% de confiabilidade. Em relação ao teor de ar incorporado, não foi possível provar estatisticamente, com 95% de confiabilidade, que apresenta influencia significativa. Isso ocorreu em função da dispersão dos dados em relação à reta ajustada, uma vez que é ilógico pensar que não se trata de uma variável com forte influencia nas propriedades mecânicas dos prismas. Visualmente, é possível observar que os dados apresentam uma tendência de inclinação. Se os dados de ar incorporado das argamassas industrializadas estruturais fossem desconsiderados nessa análise, seria possível provar estatisticamente a influencia do teor de ar incorporado na junta de argamassa.



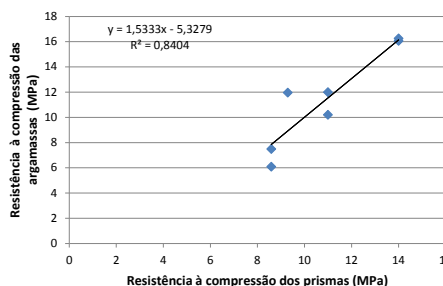
(a) Com 95% de confiabilidade, não existe relação significativa entre as variáveis.



(b) Com 95% de confiabilidade, existe uma relação significativa entre as variáveis.



(c) Com 95% de confiabilidade, existe uma relação significativa entre as variáveis.



(d) Com 95% de confiabilidade, existe uma relação significativa entre as variáveis.

Figura 5: Regressões lineares entre resistência à compressão dos prismas e (a) teor de ar incorporado; (b) retenção de água; (c) resistência à tração; (d) resistência à compressão da argamassa.

3.4.2 Análises Estatísticas da Aderência dos prismas

A comparação múltipla de médias realizada com os valores de resistência de aderência dos prismas de quatro fiadas, com as diferentes argamassas utilizadas, mostrou que não existe diferença significativa entre as médias, com 95% de confiabilidade. Os resultados da ANOVA estão expostos na Tabela 11.

Tabela 11: Resultados obtidos pela comparação múltipla de médias das aderências dos prismas.

ADERÊNCIA DOS PRISMAS				
FONTE	SOMA DOS QUADRADOS SQ	GRAUS DE LIBERDADE	MÉDIAS QUADRADAS MQ	F
Entre grupos	0,001611	6	0,000269	0,668
Residual	0,008438	21	0,000402	2,573
Total	0,010049	27	Distribuição F (0,05) = 6,21	

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que as argamassas industrializadas estudadas, apesar de apresentarem adequada trabalhabilidade logo após o término da mistura, apresentaram problemas quanto à manutenção da trabalhabilidade. Todas as argamassas testadas tiveram perda acentuada de trabalhabilidade após quarenta minutos da mistura, o que prejudica fortemente o assentamento em obras, que costumam utilizar as argamassas por um tempo igual ou superior ao testado.

Nenhuma das três argamassas industrializadas estudadas apresentou desempenho satisfatório na compressão de prismas de três fiadas. Todos os prismas moldados com essas argamassas apresentaram ruptura por esmagamento da junta, e esse esmagamento iniciava-se em níveis de tensão inferiores aos de ruptura. Apesar disso, a incorporação de 20% de argamassa colante na argamassa estrutural de 10 MPa, melhorou significativamente o desempenho à compressão dos prismas moldados.

As argamassas mistas conduziram a prismas com maiores fatores de eficiência, quando comparadas com as industrializadas. No entanto, percebeu-se que é necessária a utilização de traços mais ricos do que os habitualmente empregados na construção civil para que resultem em fatores de eficiência acima de 0,70 e ocorra a ruptura por tração no bloco. Já a incorporação de éter de celulose e de desincorporador de ar nas argamassas mistas de traço rico não contribuiu para melhorar, significativamente, as propriedades dessas argamassas.

Não foi possível provar estatisticamente a influência do teor de ar incorporado na junta de argamassa na resistência a compressão dos prismas, devido a dispersão dos valores. No entanto, os dados apresentaram uma mesma tendência decrescente, ou seja, quanto maior o teor de ar incorporado na junta de argamassa, menor foi a resistência à compressão do prisma. Sobre as outras variáveis, foi comprovado estatisticamente que a retenção de água das argamassas, resistência à compressão e tração na flexão são propriedades que influenciam diretamente e de forma crescente na resistência à compressão dos prismas, com 95% de confiabilidade.

Em relação à aderência entre a junta de argamassa e o bloco de concreto, as argamassas industrializadas apresentaram um comportamento superior às argamassas mistas, em especial a argamassa estrutural de 10 MPa com a adição de 20% de argamassa colante, que proporcionou os melhores resultados de aderência entre as argamassas estudadas, embora estatisticamente os resultados de aderência não diferissem entre si, com 95% de confiabilidade. No entanto, nenhuma das argamassas gerou prismas com resistência de aderência suficiente para considerá-las adequadas nesse quesito, segundo à NBR 15961 [11].

Diante dos resultados apresentados neste trabalho, percebeu-se a dificuldade em atingir os valores mínimos de tração na flexão de prismas prescritos na NBR 15961 [11], quando se utiliza blocos de alta compactidade, geralmente empregados em edifícios com 12 ou mais pavimentos. Em relação ao desempenho na compressão, os prismas moldados com argamassas mistas de traços mais ricos apresentaram resultados superiores aos demais, por isso são as mais recomendadas para assentamento de blocos de concreto de elevada resistência.

Como as argamassas industrializadas estudadas são muito utilizadas atualmente no assentamento es-

trutural, existe uma preocupação em relação ao desempenho dessas estruturas, em relação ao seu fator de eficiência e à aderência. Vale salientar que, enquanto as estruturas de alvenaria estiverem submetidas a esforços de compressão pura, as deficiências na aderência não serão perceptíveis. No entanto, eventuais variações nas condições de contorno ou carregamento dessas edificações podem diminuir significativamente a vida útil da construção. Esse fato é especialmente importante no caso de edifícios altos, que estão mais sujeitos a ações do vento e podem apresentar problemas decorrentes de esforços de tração normais ou paralelos às fiadas, quando a resistência de aderência for inferior às tensões aplicadas.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] OZTEKIN, E., PUL, S., HUSEM, M. “Determination of rectangular stress block parameters for high performance concrete”, *Engineering Structures*, v.25, pp.371-376, 2003.
- [2] POON, C.S., LAM,C.S. “The effect of aggregate-to-cement ratio and types of aggregates on the properties of pré-cast concrete blocks”, *Cement e Concrete Composites*, v. 30, pp. 283-289, 2008.
- [3] KACI, A., CHAOUICHE, M., ANDRÉANI, P-A. “Influence of bentonite clay on the rheological behaviour of fresh mortars”, *Cement and Concrete Research*, v. 41, n 4, pp. 373–379, Apr. 2011.
- [4] PANARESE, W. C., KOSMATKA, S. H., RANDALL JR., F. A., *Concrete Masonry Handbook for architects, Engineers, Builder*, EUA, Portland Cement Association., 1991.
- [5] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *ASTM C 270: Mortar for unit masonry*. Philadelphia, 1987.
- [6] KIM, J., ROBERTSON, R.E. “Prevention of air void formation in polymer-modified cement mortar by pre-wetting”, *Cement and Concrete Research*, v. 27, n. 2, pp. 171–176, Feb. 1996.
- [7] CARASEK, H. “Fatores que exercem influência na resistência de aderência de argamassas”, In: *II Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas, Anais do II Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas*, pp. 133 – 146, Salvador, BA, 1997.
- [8] ABDU, L., SAADA, R.A., MEFTAH, F.;*et al*, “Experimental investigations of the joint-mortar behaviour”, *Mechanics Research Communications*, v 33, pp. 370-384, May 2006.
- [9] CASALI, J.M. *Estudo da interação entre argamassa de assentamento e bloco de concreto para alvenaria estrutural: transporte de água e aderência*, Tese de D.Sc., Programa de Pós-Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC,. 2008
- [10] MOHAMAD, G., LOURENÇO, P.B., ROMAN, H. R., “Mechanics of hollow concrete block masonry prisms under compression: Review and prospects”, *Cement & Concrete Composites*, v 29, p. 193-204, 2007.
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15961: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto*. Parte 1 e 2. Rio de Janeiro, 2011.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência*. Rio de Janeiro, 2005.
- [13] PRUDÊNCIO JR, L. R., OLIVEIRA, A. L., BEDIN, C.A. *Alvenaria estrutural de blocos de concreto*, Florianópolis, Editora Gráfica Palloti, 2003.
- [14] YOSHIDA, A. T., BARROS, M. M. S. B. “Caracterização de argamassas no estado fresco: peculiaridades na análise de argamassas industrializadas”, In: *Anais do I Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, Goiânia, pp. 53 – 62, Goiânia, 1995.
- [15] NAKAKURA, E.H., CINCOTTO, M.A., “Revisão de norma NBR 13581 como instrumento para melhor representar o desempenho de argamassas industrializadas em obra”, In: *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, Brasília, pp. 387-394, Brasília, 2001.
- [16] HENDRY, A.W. “Masonry walls: materials and construction”, *Construction and Building materials*, v.15, pp. 323-330, 2001.
- [17] DIAMOND, S., “Percolation due to overlapping ITZs in laboratory mortars? A microstructural evaluation”, *Cement and Concrete Research*, v.33, pp.949-955, 2003.
- [18] SCHANKOSKI, R.A., *Influência do tipo de argamassa nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto de alta resistência*. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012.

- [19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12118*: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.
- [20] CASALI, J. M., PRUDÊNCIO JR, L. R. “New test method for the evaluation of the workability of concrete block masonry bedding mortars”, In: *Proceedings of 14th International Brick and Block Masonry Conference*, Sidney, 2008.
- [21] MEDEIROS, J. S., SABBATINI, F. H., “Aderência bloco/argamassa: determinação da resistência à flexão de prismas”, In: *Proceedings of 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries*, pp. 270 – 277, Florianópolis, 1994.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13277*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.
- [23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13278*: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos –determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
- [24] SCHANKOSKI, R.A., GRAEFF, E.R., COSTA, F. O., *et al*, “Comparação entre diferentes métodos de determinação do teor de ar incorporado em argamassas”, In: *54º Congresso Brasileiro do Concreto*, Maceió, AL, 2012.
- [25] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *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.
- [26] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8522*: Concreto: determinação do módulo de elasticidade estática e diagrama tensão x deformação – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2008.
- [27] POURCHEZ, J., RUOT, B., DEBAYLE, J., *et al*, “Some aspects of cellulose ethers influence on water transport and porous structure of cement-based materials”, *Cement and Concrete Research*. v. 40, Feb. 2010.
- [28] BEALL, C. *Masonry design and detailing for architects, engineers, and builders*, New York, McGraw – Hill Book Company, 1987.