Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO E ADERÊNCIA DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO NA REGIÃO DE BELÉM - PARÁ

T. ROCHA
Engenheiro Civil
Universidade da Amazônia - UNAMA
Pará; Brasil
tiagorocha_eng@hotmail.com

T. MADEIRO
Professora MSc. em Engenharia Civil
Universidade da Amazônia - UNAMA
Pará; Brasil
tatianemadeiro@gmail.com

M. PEREIRA
Professor MSc. em Estruturas e Construção Civil
Universidade da Amazônia – UNAMA
Pará; Brasil
mspmike@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da caracterização de blocos cerâmicos de vedação (06 furos, nas dimensões 9x14x19 cm), com base na NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e a taxa inicial de absorção de água livre (IRA - *Initial Rate Absortion*). Foram avaliadas argamassas de assentamento convencional (1:6, cimento e areia em volume) e industrializada, no Estado Fresco: a consistência (ao longo do tempo e com tempos de remistura diferentes) e, no Estado Endurecido, avaliou-se resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão, densidade de massa aparente e coeficiente de capilaridade aos 7 e 28 dias, bem como, a proposta do ensaio de resistência à aderência argamassa/substrato, correlacionando absorção inicial de água dos substratos com aderência. De modo geral, verificou-se que os blocos cerâmicos analisados não atendem os padrões normativos. As argamassas, no estado fresco, apresentaram perda de consistência em toda a curva de avaliação e que o tempo de remistura influencia na trabalhabilidade das mesmas. A partir dos resultados das avaliações mecânicas observou-se que a argamassa industrializada obteve melhores resultados em comparação a argamassa de traço convencional. Quanto à resistência de aderência, verificou-se que os prismas produzidos com blocos cerâmicos B (BCB) apresentaram comportamento ao esforço cortante melhor que os prismas feitos com blocos cerâmicos A (BCA), independente do tipo de argamassa aplicada.
Palavras-chave**:** alvenaria, argamassa, blocos cerâmicos, aderência.

ABSTRACT

This work presents the results of the characterization of sealing ceramic blocks (06 holes in the dimensions 9X14X19 cm), based on NBR 15270-1 (ABNT, 2005) and the initial rate of free water absorption (IRA – Initial Rate Absorption). Mortars of conventional settlement were evaluated (1:6, cement and sand volume) and industrialized, in Fresh State: the consistency (over time and remix with different times) and, in Hardened State, it was evaluated the resistance to axial compression, resistance to traction in flexion, apparent bulk density and capillary coefficient at 7 and 28 days, as well as the proposal of the endurance test to adherence mortar/substrate, correlating the initial water absorption of the substrates with adherence. In general, it was found that the analyzed ceramic blocks don't meet the regulatory standards. Mortars in fresh state showed loss of consistency throughout the evaluation curve and the remix time influences their workability. From the results of the mechanical reviews, it was observed that the industrialized mortar had better results as compared to mortar of conventional trace. About the adhesive strength, it was found that the prisms made from ceramic blocks B (BCB) presented behavior to shear better than the prisms made from ceramic blocks A (BCA), regardless of the type of mortar applied.
Key-Words: masonry, mortar, ceramic blocks, adherence

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

Ao longo do processo de formação das cidades brasileiras, os sistemas construtivos em alvenaria são presentes, cumprindo funções estruturais ou assumindo apenas o preenchimento de vãos, aparentes ou revestidos caracterizados por materiais de natureza diversa, produzidas artesanalmente ou com incorporação tecnológica, executadas por oficiais ou por mão de obra sem qualificação como sendo um serviço sem importância.

Apesar do avanço tecnológico e da ampla utilização da alvenaria de vedação, observa-se o empirismo nas suas proposições, projeto e execução. Neste contexto [1] afirma que as paredes de alvenaria não recebem uma atenção a que lhes é de direito, tanto em termos funcionais como econômicos, estendendo a subvalorização das vedações às atividades de projeto e execução, e também, de materiais e acessórios. E ainda afirma que, mesmo havendo metodologias inovadoras e de relevância para o subsistema, não conseguem mudar a imagem depreciativa das alvenarias.

A deterioração da alvenaria pode começar a partir de algo tão insignificante como pequenas fissuras em algumas das unidades individuais (muitas vezes uma estética menor em vez de problema estrutural), em seguida, progredir através de ciclos de movimento térmico por si só, ou em combinação com os ciclos de congelamento e descongelamento, a fendas mais largas mais uma área maior, o que, mais cedo ou mais tarde, pode tornar-se estruturalmente significativa, especialmente se não mapeados e monitorizados no início do processo[2].

Percebemos também que, o desempenho das vedações, está intimamente ligado às responsabilidades de projeto e execução das mesmas, sendo de fundamental importância a compatibilidade da execução em relação ao projeto, assim como também, a capacitação e conhecimento dos profissionais ligados a estas atividades, para que não haja controvérsias. No entanto, [1] ressalta que, no Brasil, as decisões sobre as características dos materiais, componentes, técnicas, métodos e processos construtivos, estão sendo tomadas de maneira estanque, assim como as dissociações entre atividades de projeto e execução sem planejamento.

Outro ponto importante é o conhecimento dos materiais a serem utilizados, e também, o clima para que sejam aplicados de tal maneira a satisfazer no que diz respeito à qualidade e durabilidade das vedações. Neste sentido, [1] sugere para que a evolução dos materiais corresponda às exigências do mercado consumidor e do meio técnico, deverá ser aliada a criação de sistemas coerentes e compatíveis com os demais elementos que compõem o projeto de construção dos edifícios. O autor destaca a importância da investigação de origem acadêmica e da atividade industrial nos progressos significativos nos últimos anos, mas que ainda, não chegaram ao meio técnico.

Na região Norte, em particular na região metropolitana de Belém – Pará é notório a utilização da alvenaria de vedação nas construções de edifícios, no entanto, assim como exposto anteriormente, é um subsistema tratado sem muita importância, ocasionando erros grosseiros de projeto, planejamento e execução. Também na região supracitada, observa-se a influência da utilização inadequada de materiais que potencializam o surgimento de patologias nas edificações, uma vez que:

a) Os blocos cerâmicos, normalmente utilizados nas obras de Belém, não atingem as exigências normativas, uma vez que, apresentam-se irregulares quanto à planeza, resistência à compressão e absorção de água;

b) A areia natural usualmente aplicada nas obras caracteriza-se como de granulometria fina, fazendo-se necessária a utilização de aditivos, tendo como objetivo principal regularizar a absorção de água na produção de argamassas. Neste sentido [3] ratifica que o mais adequado seria a utilização de uma areia com granulometria de média a grossa, no entanto, no estado do Pará, é um problema, pois em sua maioria, as areias comercializadas apresentam-se a partir de parâmetros normativos sendo de granulometria fina;

c) A produção de argamassa de assentamento é executada com aditivos plastificantes ou incorporadores de ar, uma vez que, na cidade de Belém, não são produzidas argamassas com cal, pois este material não é fabricado no estado, tornando o custo mais elevado devido ao frete e logística;

d) E sobre argamassa de assentamento produzida com aditivos em substituição da cal em Belém, observa-se que não há nenhum controle técnico no uso racional dos aditivos acima citados, podendo então, ocasionar problemas na resistência da aderência entre substrato e argamassa. Assim, [4] afirma que em

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

argamassas com ar incorporado, haverá diminuição na resistência da aderência, atribuída pela diminuição da área de contato entre argamassa e substrato, assim como também, pela perda de compacidade depois de uma determinada quantidade de ar a ser incorporada ao material;

e) As condições ambientais contribuem e influenciam no desempenho dos materiais utilizados, em especial, na região de Belém, onde, [3] salienta que a temperatura média encontra-se acima de 30°C e umidade relativa superior a 70°C, sendo necessário um olhar especial quanto a esses fatores condicionantes; e

f) A falta de qualificação da mão de obra no estado do Pará insere-se em um dos principais e mais antigos problemas da construção civil, não sendo apenas restrito à nossa região, mas sim em todo o território nacional, aliada a pouca importância dada pelas construtoras agrava ainda mais a execução adequada do subsistema de vedação.

Assim, é importante o domínio da investigação e pesquisa de materiais componentes de alvenaria de vedação não estrutural, principalmente por suas peculiaridades e particularidades, para a valorização desse subsistema, e também, apoio e suporte técnico, visando à melhoria coerente e relevante do projeto e execução dos edifícios no Brasil. Neste sentido, a proposta do trabalho é estudar as características dos blocos cerâmicos de vedação e a aderência de argamassas de assentamento na região de Belém – Pará.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

De maneira a atingir os objetivos alçados por esta pesquisa, fez-se necessário a realização de um programa experimental o qual servirá como parâmetro - técnico e científico – ao desenvolvimento de todos os procedimentos, para que se possa avaliar e analisar as caracterizações dispostas neste estudo.

2.1. Caracterização dos Substratos – Blocos Cerâmicos

Para a realização da pesquisa, foram coletados blocos cerâmicos de 6 (seis) furos, em dimensões 9x14x19 cm, como mostra a Figura 1, coletados diretamente no mercado varejista de Belém/PA.



Figura 61: Exemplares dos blocos cerâmicos coletados.

A coleta das unidades cerâmicas foi feita de acordo com a norma NBR 15270-3 (ABNT, 2005), sendo então, coletados no momento de recebimento da carga na loja, tendo as rebarbas retiradas e colocadas em sacos plásticos, protegendo-os das intempéries para que sejam preservadas suas características originais. Sendo então, identificados de acordo com sua origem, assim temos: Blocos cerâmicos oriundos da olaria A – BCA e Blocos cerâmicos da olaria B – BCB.

2.1.1. Determinação das características geométricas, conforme NBR 15270-3:2005

As características geométricas determinadas foram: Dimensões efetivas - largura (L), altura (H) e comprimento (C); Espessura das paredes externas (PE) e septos (SP) dos blocos; desvio em relação ao esquadro (D); Planeza das faces (F) e Área bruta (A_b), sendo então, encontrados os valores médios dos ensaios, conforme a Tabela 1.

Tabela 32: Resultados médios das determinações geométricas dos blocos cerâmicos.

Características determinadas	Método de ensaio	Resultados médios		NORMA
		Bloco cerâmico A	Bloco cerâmico B	
Dimensões efetivas (cm)	NBR 15270-3:2005	L = 8,4	L = 8,2	L = 9
		H = 13,7	H = 13,3	H = 14
		C = 18,6	C = 18,2	C = 19
Espessuras (mm)	NBR 15270-3:2005	PE = 7	PE = 7	PE = 7
		SP = 5	SP = 5	SP = 6
Desvios (mm)	NBR 15270-3:2005	D = 3	D = 3	D = 3
		F = 2	F = 1	F = 3
Área bruta (mm²)	NBR 15270-3:2005	Ab = 15640	Ab = 15100	Ab = 17100

2.1.2. Determinação do índice de absorção de água e IRA

[5] ao estudar a influência da natureza do substrato (cerâmico e concreto) na movimentação de água na argamassa fresca, afirma que o tipo de substrato e suas peculiaridades são determinantes, uma vez que suas estruturas porosas e superfícies são bastante diferentes. A porosidade dos substratos como: diâmetro, estrutura, volume de distribuição dos poros, aliadas as suas características superficiais influem na quantidade e na velocidade do transporte de água e, consequentemente, na alteração das propriedades da argamassa em contato com a base absorvente.

A caracterização dos blocos cerâmicos, em relação a sua capacidade de absorção de água foi de maneira individual, ou seja, cada unidade de alvenaria foi analisada. Os blocos foram submetidos aos ensaios para determinação do índice de absorção de água, conforme a NBR 15270-3:2005 e IRA (ASTM C-67). As tabelas 2 e 3 mostram os resultados médios da avaliação do índice de absorção dos blocos cerâmicos de vedação, conforme suas respectivas normas.

Tabela 33: Resultados médios de Absorção de água e IRA do Bloco cerâmico A – BCA.

Características determinadas	Número de determinações	Resultados médios	Coeficiente de variação (%)
Absorção de água (%)	13	19,25	19,28
IRA	13	8,42 g/194cm²/min	41,35

Tabela 34: Resultados médios de Absorção de água e IRA do Bloco cerâmico B – BCB.

Características determinadas	Número de determinações	Resultados médios	Coeficiente de variação (%)
Absorção de água (%)	13	17,96	21,93
IRA	13	9,49 g/194cm²/min	34,13

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.1.3. Determinação da resistência à compressão axial dos blocos de vedação

Os blocos cerâmicos foram preparados conforme prescrições da NBR 15270-3:2005, tendo seus resultados médios mostrados na Tabela 4.

Tabela 35: Resultados médios das determinações da resistência à compressão dos blocos cerâmicos A e B.

Característica determinada	Número de determinações	Resultados médios	Coeficiente de variação (%)
Resistência à compressão - **BCA**	13	0,58 MPa	26,43
Resistência à compressão - **BCB**	13	0,56 MPa	20,33

O principal fator que influi na resistência à compressão da parede é a resistência à compressão do componente de alvenaria, a influência da resistência da argamassa de assentamento é ao contrário do que se poderia intuir, bem menos significativa[6].

2.2. Caracterização das argamassas de assentamento

Para o desenvolvimento do estudo, foram escolhidas dois tipos de argamassas de assentamento. A argamassa convencional (cimento e areia) denominada de AC foi escolhida por ser mais utilizada na região e a argamassa industrializada (AI) foi adquirida no mercado de Belém, como sendo uma opção para aplicação de alvenarias nas obras.

Além da forma geométrica dos blocos que compõem a alvenaria, outros fatores influenciam na fissuração e na resistência final de uma parede e esforços axiais de compressão, a saber: resistência mecânica dos componentes de alvenaria e da argamassa de assentamento, módulos de deformação longitudinal e transversal dos componentes de alvenaria e da argamassa, rugosidade superficial e porosidade dos componentes de alvenaria, poder de aderência, retenção de água, elasticidade e retração da argamassa, espessura, regularidade e tipo de junta de assentamento e, finalmente esbeltez da parede[6].

2.2.1. Obtenção das argamassas de assentamento

2.2.1.1. Argamassa industrializada

A argamassa de assentamento industrializada utilizada na pesquisa é indicada, de acordo com o fabricante, para o uso de alvenarias com ou sem função estrutural de blocos de concreto, concreto celular e tijolos cerâmicos. Constituída de aglomerantes, agregados minerais selecionados e aditivos químicos.

O fabricante, fixa a proporção de água na embalagem para um saco de argamassa. A mistura do produto pode ser mecânica ou manual até obter uma mistura homogênea, consistente, pastosa e sem grumos. Além de informar que após o preparo, esperar 10 minutos de maturação e utilizar até 2h ou para temperatura acima de 30°C até 1h após o preparo.

2.2.1.2. Argamassa convencional

Para a confecção da argamassa, considerou-se a ampla utilização na região do cimento Portland CP II-Z-32, adquirido no mercado varejista local em sacos de 50 Kg, posteriormente acondicionados em sacos plásticos para evitar a ocorrência de hidratação.

O agregado miúdo utilizado no trabalho é a areia natural proveniente do município de Santa Bárbara do Pará, no Pará. As características físicas desse material, como granulometria e textura, influenciarão de maneira direta nas propriedades da argamassa no estado fresco e no estado endurecido. Uma vez que, ao se apresentar mais fino, proporcionará mais plasticidade a mistura. Sua caracterização é mostrada na Tabela 5.

Tabela 36: Caracterização física do agregado miúdo natural.

Ensaio	Método	Resultados
Massa específica	NBR 9776/87	2,63 kg/dm³
Massa unitária	NBR 7251/82	1,33 kg/dm³
Módulo de finura	NBR NM 248/03	2,02
Dimensão máxima característica	NBR NM 248/03	2,4 mm
Absorção de água	NBR NM 30/01	0,70%
Material pulverulento	NBR 7219/87	3,20%
Índice de vazios		49%

Para determinar a composição granulométrica do agregado, utilizou-se a NM 248/03. A areia utilizada foi classificada como fina e de granulometria contínua, conforme a Tabela 6 e o gráfico na Figura 2.

Tabela 37: Composição Granulométrica da areia utilizada (NBR NM 248/03).

Peneiras (mm)	Retida (g)	% Retida	% Retida Acumulado
4,8	1	0	0
2,4	6	1	1
1,2	27	5	7
0,6	123	25	31
0,3	202	40	72
0,15	96	19	91
0,075	14	3	94
Fundo	31	6	100
Totais	500	100	

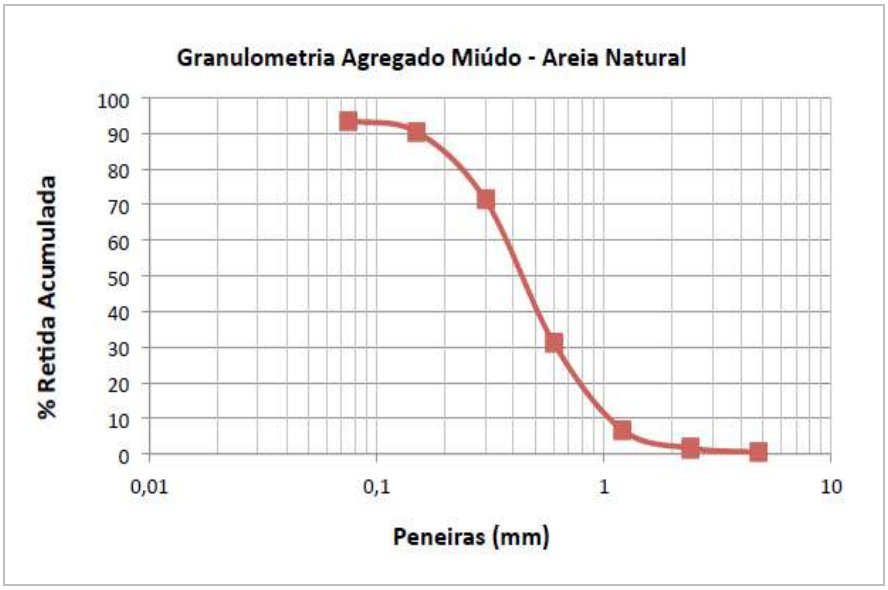


Figura 62: Curva granulométrica do agregado miúdo natural.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O aditivo incorporador de ar utilizado nesta pesquisa foi obtido com base na disponibilidade do produto no varejo e sua comum utilização em obras de Belém. Ressalta-se também, que não foram feitos ensaios de caracterização do produto através de espectros, a fim de comprovar sua natureza.

A água utilizada na mistura é potável e fornecida pela companhia de saneamento do Estado do Pará. Ressalta-se que ela não foi submetida a ensaios de caracterização.

O procedimento de mistura para a obtenção da argamassa de assentamento convencional, reproduzida em laboratório, foi adotado conforme a dosagem comumente utilizada nas obras de Belém e sua descrição de etapas com base no método experimental utilizado por [7] ao estudar traços de argamassas. O traço utilizado encontra-se na Tabela 7.

Tabela 38: Traço da argamassa convencional.

Argamassa	Traço	Relação água/cimento	Quantidade de material (kg)		
			Cimento	Areia	Água
Convencional	1:6 (cimento:areia) + aditivo incorporador de ar*	1,09	10	60	10,9

(*) Proporção de material a cada 50 kg de cimento, conforme indicação do fabricante.

2.2.2. Determinação do índice de consistência das argamassas pela mesa ABNT

O ensaio de índice de consistência das argamassas consiste em medir o espalhamento, ou seja, o diâmetro da argamassa, moldada em molde cônico sobre a mesa padrão de ensaio, conseguido pelos impactos obtidos a mesa, em conformidade a norma NBR 7215:2007.

Este ensaio é consagrado, comumente utilizado em estudos de caracterização de argamassas, no entanto, é um dos mais criticados quanto à avaliação real da trabalhabilidade. Segundo [3] um dos fatores que contribui para esta discussão, além da própria concepção do ensaio, diz respeito a uma não correspondência de resultados entre os valores que caracterizam mesmas condições de trabalhabilidade, ou seja, uma avaliação isolada dos resultados do ensaio da mesa de consistência é insuficiente para definir uma argamassa como “trabalhável”.

A Tabela 8 apresenta os resultados médios do índice de consistência das argamassas de assentamento convencional (AC) e industrializada (AI) através da mesa da ABNT (*flow table*), conforme a ABNT NBR 7215:2007.

Tabela 39: Resultados médios do índice de consistência das argamassas de assentamento AC e AI.

Argamassa	Propriedade determinada	Método de ensaio	Resultados médios
Convencional - AC	Consistência	NBR 7215:2007	264 mm
Industrializada - AI			263 mm

A fim de contribuir e fomentar parâmetros sobre o comportamento das argamassas de assentamento no estado fresco, este trabalho propôs analisar a trabalhabilidade das argamassas convencional e industrializada, ao longo do tempo, através da *flow table* – NBR 7215:2007. Para isto, foi estabelecido uma metodologia de medição com base na mesma utilizada por [8]. No entanto foram determinados intervalos de tempo 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos, assim como, considerando o tempo de 30 e 60 segundos para cada remistura das argamassas a cada intervalo de tempo elencado. Considerando essas variáveis, foi adaptada a metodologia para determinar o comportamento das argamassas ao longo do tempo.

Com base na execução do programa experimental, a fim de mensurar o tempo de trabalhabilidade das argamassas, ao longo do tempo, foi obtido o perfil do comportamento das argamassas, conforme gráfico da Figura 3.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

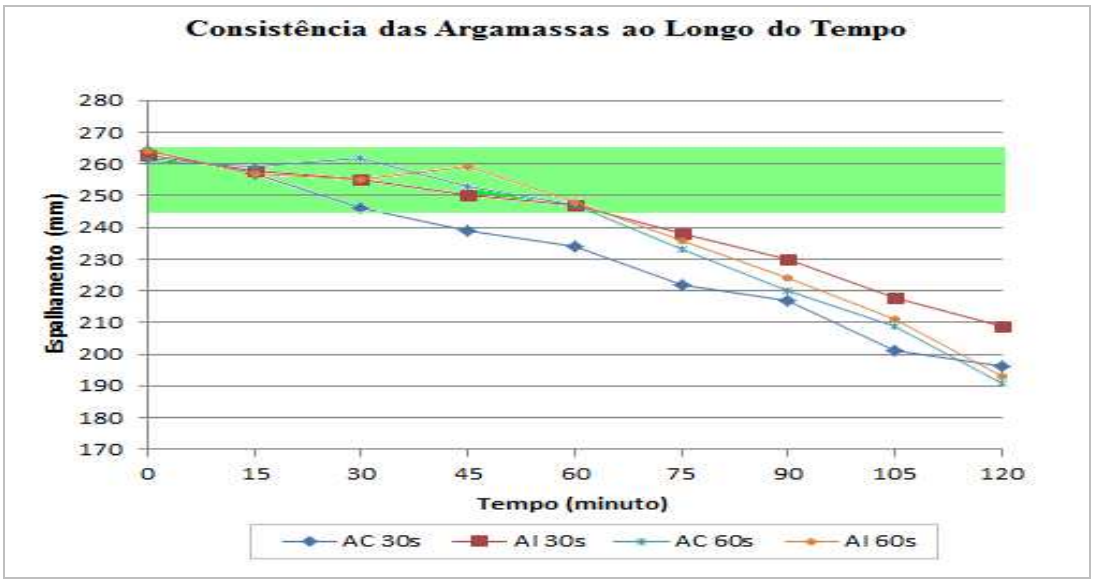


Figura 63: Comportamento da consistência das argamassas ao longo do tempo.

2.2.3. Caracterização das argamassas no estado endurecido

Conforme especificado e delimitado no programa experimental, foram fixadas as idades de 7 e 28 dias para as determinações de resistência à compressão, resistência à tração na flexão e, para os 28 dias, a determinação da densidade de massa aparente e coeficiente de água por capilaridade. Sendo esses ensaios aplicados às duas argamassas estudadas.

A Tabela 9 mostra os resultados médios dos ensaios executados neste trabalho, com suas respectivas normas e conforme as idades determinadas.

Tabela 40: Resultados médios das propriedades das argamassas no estado endurecido.

Argamassa	Propriedades determinadas	Método de ensaio	Idades	
			7 dias	28 dias
Convencional - AC	Resistência à compressão (MPa)	NBR 13279:2005	4,63	5,82
	Resistência à Tração na flexão (MPa)	NBR 13279:2005	0,43	0,71
	Densidade de massa	NBR 13280:2005	2.151 kg/m³	
	Coeficiente de capilaridade - 72h	NBR 15259:2005	2,1 g/dm².min½	
Industrializada - AI	Resistência à compressão (MPa)	NBR 13279:2005	5,72	9,87
	Resistência à Tração na flexão (MPa)	NBR 13279:2005	0,61	0,72
	Densidade de massa	NBR 13280:2005	2.134 kg/m³	
	Coeficiente de capilaridade - 72h	NBR 15259:2005	0,64 g/dm².min½	

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2.4. Caracterização dos prismas através do ensaio de Esforço Cortante

Um dos objetivos do trabalho é estudar a aderência de argamassas de assentamento ao substrato cerâmico, no entanto, as normas brasileiras não indicam um ensaio que se mostre eficiente para mensurar essa propriedade para argamassas desse tipo.

Segundo [6] alvenarias constituídas com blocos vazados, sendo estes, com furos retangulares e dispostos horizontalmente, a argamassa de assentamento apresentará deformações axiais mais acentuadas sob as nervuras verticais do bloco assim, como consequências solicitações de flexão em suas nervuras horizontais, o que poderá levar à ruptura do bloco.

Nesse sentido, este estudo sugere a utilização do ensaio de resistência ao esforço cortante, correlacionando com a aderência, com o objetivo de retroalimentar o meio técnico-científico no que diz respeito a esse tipo de avaliação entre argamassa de assentamento e elemento de alvenaria, uma vez que na literatura pouco se encontra sobre esse tema. Tal ensaio tem como mecanismo aplicar uma determinada força na junta de aplicação de alvenaria, para isso foram confeccionados prismas em blocos cerâmicos BCA e BCB e juntas de 10 mm de argamassa assentamento convencional e industrializada.

A pesquisa contempla os blocos cerâmicos de vedação (BCA e BCB) e argamassas de assentamento (convencional – AC e industrializada – AI). A partir desses componentes foram produzidos prismas de: BCA e AC; BCA e AI; BCB e AC; BCB e AI.

Outro fator que foi levado em consideração na produção dos corpos-de-prova foi aplicar a argamassa no bloco seco, ou seja, sem nenhum tratamento superficial “molhagem”. Esse aspecto foi considerado a fim de avaliar a influência da taxa de absorção inicial de água dos blocos com a aderência argamassa/substrato.

Segundo [9] “embora envolva materiais e processos de produção diferentes, todos estes casos implicam na formação de uma interface, ou seja, as interações ocorrem após o contato da matriz cimentícia ainda no estado plástico (cimento, água, aditivos) com o substrato e, vão se modificando ao longo do tempo devido à cinética de hidratação e a absorção do substrato".

Ainda, [9] ao analisar a aderência de argamassa de assentamento, verificou a presença residual de argamassa na superfície de blocos cerâmicos, no entanto, ressalta-se que há uma quantidade considerável de poros com dimensões superior a 1 mm que não são preenchidos com a matriz cimentícia. Nesse sentido, concluiu que ao passo que aumenta a quantidade de defeitos na interface, há redução à resistência à aderência.

A Figura 4 mostra o esquema de ensaio conforme determinado no programa experimental, logo, apresentando todos os elementos necessários para determinação da resistência de esforço cortante, sendo este utilizado para correlacionar com a aderência argamassa/substrato.

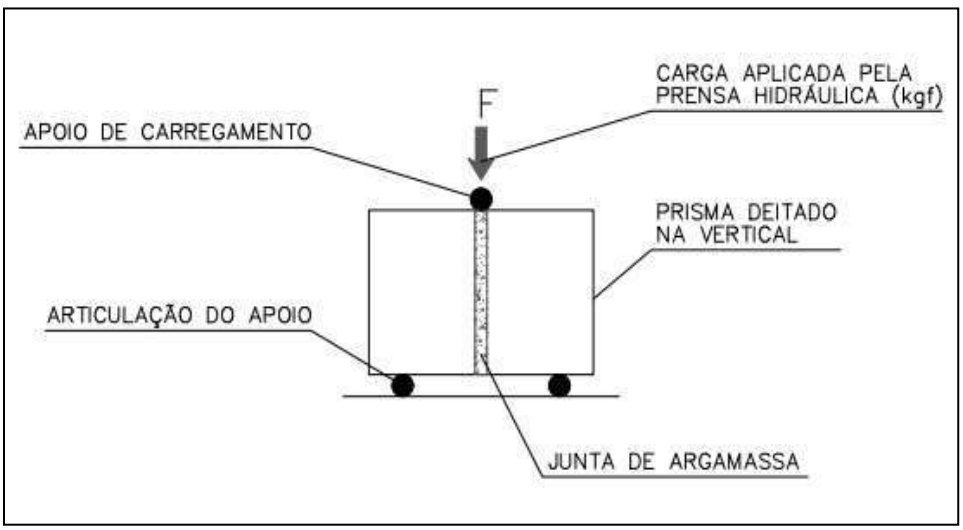


Figura 4: Esquema de ensaio de resistência à aderência ao esforço cortante

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A Tabela 10 mostra os resultados dos ensaios de resistência de esforço cortante dos prismas de blocos cerâmicos com juntas de argamassas convencional e industrializada.

Tabela 41: Resultados médios do ensaio de esforço cortante correlacionado à aderência argamassa/substrato.

Prismas		Médias
BCA	AC	448,99 Kgf
	AI	704,52 Kgf
BCB	AC	965,13 Kgf
	AI	989,29 Kgf

3. CONCLUSÕES

A realização desse estudo teve como objetivo principal contribuir com o desenvolvimento de projetos voltados à produção de alvenarias de vedação, especialmente na região de Belém do Pará, no que diz respeito aos componentes de alvenaria (blocos cerâmicos e argamassa de assentamento).

Dessa maneira, a partir dos resultados das caracterizações dos materiais estudados, conforme estabelecido no programa experimental, e também, na literatura analisada, serão tecidas as conclusões do trabalho, a princípio válidas para os materiais e condições da atual pesquisa, bem como, as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas.

Através dos ensaios de caracterização dos blocos cerâmicos, foi avaliado e concluiu-se que as unidades analisadas **não estão em conformidade com a norma NBR 15270:2005** – Componentes cerâmicos, Parte I: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos, salvo alguns quesitos analisados. Assim, temos:

- Os blocos cerâmicos estudados (BCA e BCB) não atenderam o padrão estabelecido pela NBR 15270-1:2005 quanto as dimensões efetivas (9x14x19) - (Largura, Altura e Comprimento), uma vez que os mesmos apresentaram valores discrepantes consideráveis em relação aos valores fixados pela norma, bem como, a tolerância de ±3 mm não foi respeitada, cabe ainda salientar que o bloco BCB apresentou os piores resultados, sendo estes aquém dos valores estabelecidos;

- Em relação à espessura dos septos e paredes externas, os dois blocos estudados apresentaram-se em conformidade para esta última característica, no entanto, no que diz respeito à espessura dos septos, as duas unidades estão fora do limite determinado pela norma em questão, ou seja, não conforme;

- Os dois blocos cerâmicos (BCA e BCB) apresentaram-se conformes quanto ao desvio em relação ao esquadro e flecha. Salienta-se que o bloco BCB apresentou melhor resultado quando comparado à norma e ao bloco cerâmico BCA, no que diz respeito à planeza das faces;

- Quanto ao índice de absorção de água dos blocos analisados, os mesmos se apresentam dentro do limite de aceitação determinado pela norma de referência, sendo que o bloco BCA apresentou absorção de água total (saturação) maior que o bloco BCB;

- Em relação à resistência à compressão, os blocos estudados não atendem ao valor mínimo exigido pela norma NBR 15270-1:2005, onde, este é fixado em ≥ 1,5 MPa para blocos com furos na horizontal – os mesmos utilizados neste estudo – nesse sentido foi verificado que o bloco BCA e BCB apresentaram resistências à compressão de 0,58 e 0,56 MPa, respectivamente, logo, fica claro que os valores médios obtidos estão muito aquém do mínimo fixado;

- Os blocos BCA e BCB apesar de serem de mesma natureza (cerâmica), apresentaram comportamentos diferentes frente à taxa inicial de absorção de água (IRA), onde, o bloco BCB apresentou uma em relação ao BCA, uma diferença de 14%;

- Quando comparados em relação à capacidade de absorção de água a partir da taxa de absorção inicial e a absorção de água total (saturação), os blocos em questão, apresentaram valores diferentes, onde, o bloco BCA

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

apresentou menor taxa de IRA e maior absorção de água total, sendo que o bloco BCB obteve valores de IRA maior e índice de saturação menor;

Em relação às argamassas de assentamento convencional e industrializada, a partir das caracterizações no estado fresco através do ensaio de consistência (ao longo do tempo e com tempo de remistura pré-determinado) e de seu desempenho no estado endurecido nos ensaios de resistência à compressão e resistência à tração na flexão (aos 7 e 28 dias), densidade de massa aparente e coeficiente de capilaridade (aos 28 dias) assim como, análises e confronto de informações na literatura, a argamassa industrializada, no geral, apresentou melhor desempenho que a argamassa convencional, uma vez que:

- As argamassas (convencional e industrializada) no estado fresco, ao longo do tempo (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 minutos) e com tempo de remistura determinado (30 e 60 segundo), apresentaram perda de consistência em toda a curva de avaliação, observando também que o tempo de remistura influencia na trabalhabilidade dos produtos independente de suas composições;

- No tempo de remistura de 30 segundos a argamassa industrializada, apesar da perda de consistência, apresentou resultados de espalhamento, ao longo do tempo, melhores quando relacionados com os da argamassa convencional.

- No tempo de remistura de 60 segundos a argamassa industrializada comportou-se bem melhor que a convencional. No entanto, foi verificado que a mesma, apresentou uma perda de consistência, ao longo do tempo, sensivelmente maior que a argamassa convencional, tal processo é justificado pelo fato das argamassas quando submetidas a um período de mistura maior, apresentam-se mais fluidas, no entanto, perdem mais água durante o processo;

- O fabricante da argamassa industrializada fornece a informação que após o preparo e 10 minutos de maturação, poderá ser utilizada em até 2 horas, condicionando à 1 hora caso a temperatura seja $\geq 30°C$, nesse sentido foi verificado que no momento 60 minutos, independente do tempo de remistura, a argamassa industrializada apresentou espalhamento dentro do que a norma NBR ABNT 13276:2005 preconiza, no entanto, no intervalo de 60 a 120 minutos, observa-se que há uma perda gradual e mais acentuada da consistência para as duas argamassas, que pode ser explicado pelo fato do aglomerante hidráulico está iniciando sua pega;

- Em resumo, quanto à consistência, ao longo do tempo e com períodos de remistura determinados, ficou claro que a argamassa industrializada apresentou melhor perfil de comportamento;

- A argamassa industrializada apresentou melhores resultados de resistência à compressão nas idades definidas do que a convencional, havendo significativa diferença entre as argamassas aos 28 dias.

- No que se refere à resistência à ração na flexão, observou-se que aos 7 dias as argamassas apresentaram diferença significativa, onde a industrializada apresentou melhores resultados, apesar da sensível diferença aos 28 dias;

- Em relação à densidade de massa aparente no estado endurecido, a argamassa convencional apresentou resultado maior que a argamassa industrializada;

- Quanto ao coeficiente de capilaridade, é observado que a argamassa convencional apresenta maior coeficiente de capilaridade, quando comparada a argamassa industrializada.

Por fim, a partir da proposta de ensaio de resistência de esforço cortante, foi possível verificar que tal mecanismo pode ser correlacionado à aderência da argamassa/substrato em elementos de assentamento de alvenaria, bem como, avaliar a relação absorção de água inicial do substrato à aderência, pois:

- Com o rompimento foi possível avaliar que não foi encontrado apenas um tipo de ruptura, pois se verificou que apresentaram rupturas na argamassa e na interface argamassa/substrato;

- Foi observado que os prismas confeccionados com blocos cerâmicos BCB apresentaram comportamento ao esforço cortante melhor que àqueles feitos com blocos BCA, independente do tipo de argamassa aplicada na junta de assentamento;

- Ressalta-se que os corpos-de-prova feitos com blocos BCA ou BCB em que a junta de aplicação foi utilizada argamassa industrializada apresentaram melhores resultados ao esforço cortante quando comparados com os produzidos com argamassa convencional;

- Quanto à relação absorção inicial de água do substrato com a aderência, verificou-se que os prismas produzidos com blocos BCB, sendo estes com IRA médio igual a $9{,}49_{g/194cm^2/min}$ apresentaram melhores comportamentos ao esforço cortante, independentemente do tipo de argamassa utilizada para assentamento, quando relacionados com os prismas de blocos BCA que possuem IRA médio de $8{,}42_{g/194cm^2/min}$;

- Assim, foi possível verificar a partir do ensaio de resistência ao esforço cortante que houve influência da taxa inicial de absorção de água do substrato com a aderência argamassa/substrato, uma vez que o bloco caracterizado com maior absorção de água inicial apresentou melhor comportamento ao ensaio, tanto com aplicação de argamassa convencional ou industrializada.

Em linhas gerais, acredita-se que este trabalho atingiu seu objetivo, pois alcançou os objetivos específicos determinados a fim de atingi-lo por inteiro. Ressaltam-se algumas dificuldades encontradas durante esta jornada de estudo e pesquisa, no entanto, foi cumprido o processo estabelecido e assim poder contribuir com material de qualidade para servir como norte àqueles que buscam e primam pelo conhecimento, tanto no meio acadêmico, quanto no âmbito profissional com apoio técnico-científico no auxílio de projetos de alvenaria de vedação na região de Belém-Pará.

4. AGRADECIMENTOS

À Universidade da Amazônia – UNAMA, bem como o Laboratório de Engenharia Civil – LEC da Universidade Federal do Pará - UFPA e Laboratório de Materiais do Engenheiro Paulo Barroso, onde foi realizado parte do estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SILVA, M. M. A. Diretrizes para o Projeto de Alvenaria de Vedação. São Paulo, 2003. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 167p.
[2] MADEIRO, T. T. Influência do tratamento de base na resistência de aderência à tração direta e na permeabilidade de revestimentos em argamassa – Estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, 2012. 161p.
[3] A. Sebastian Engineering and Investigation Services. Construction pathology: cracking in masonry and concrete. Disponível em: http://www.angelfire.com/biz/BuildingPathology/crack.html Em: 31/03/2016.
[4] ALVES, N. J.D. Avaliação dos aditivos inscorporadores de ar em argamassa de revestimento. Universidade de Brasília, 2002. Dissertação de Mestrado. 174p.
[5] PAES, I. N. L. Avaliação do transporte de água em revestimento de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação. Universidade de Brasília Tese de Doutorado, 2004. 242p.
[6] VALLE, J. B. S. Patologia das alvenarias – causa/diagnóstico/previsibilidade. Universidade Federal de Minas Gerais. Monografia de Especialização, 2010. 81p.
[7] DUBAJ, E. Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizados em Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 2000. 102p.
[8] SILVA et al. Avaliação do comportamento da argamassa no estado fresco através dos métodos de consistência, *dropping ball* e *squeeze flow*. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Florianópolis, 2005. 15p.
[9] COSTA E. B. C. & JOHN, V. M. Aderência substrato-matriz cimentícia – Estado da arte. IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Belo Horizonte, 2011. 16p.