Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES FÍSICOS DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM DIFERENTES MATERIAIS INERTES, AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E AS PROPRIEDADES DO REVESTIMENTO

D. RIBEIRO
Estudante
Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
Minas Gerais; Brasil
douglasribeirooliveira93@gmail.com

S. VIEIRA
Estudante
Universidade de Brasília (UnB)
Distrito Federal; Brasil
sheillaeng@gmail.com

R. VIEIRA
Professor de Graduação
UNIPAM
Minas Gerais; Brasil
rogeriobv@unipam.edu.br

RESUMO

As manifestações patológicas recorrentes em argamassas são ocasionadas, majoritariamente, devido à sua composição, aliada à baixa qualidade dos materiais utilizados, à falta de conhecimento técnico do setor e à busca pela redução de prazos de execução do sistema de alvenaria. O presente estudo busca avaliar diferentes materiais inertes utilizados em argamassas com função plastificante - filito, fíler calcário e saibro - empregados em detrimento de argamassas mistas que demandam maior tempo de cura. Objetivou-se produzir quatro diferentes composições de argamassa para aplicação em revestimento, estudá-las no estado fresco e endurecido e analisar as manifestações patológicas apresentadas. As argamassas foram produzidas com CP IV 32 RS e com consistência padrão 270±5 mm. Elaborou-se três argamassas com traço volumétrico 1:1:6 (cimento:plastificante:areia), e uma argamassa hidráulica produzida com aditivo plastificante e traço 1:4. A primeira etapa do estudo consistiu na caracterização física de todos os materiais, na segunda e terceira etapas foram avaliadas as argamassas no estado fresco e endurecido, respectivamente. Posteriormente foi executado o revestimento de modelos representativos de alvenaria (40x50 cm), nos quais foram controlados o surgimento das manifestações patológicas, devido à exposição climática, e as características físico-mecânicas do sistema, como a permeabilidade, aderência à tração, e impacto de corpo duro. As manifestações patológicas observadas puderam ser relacionadas às características físicas dos materiais utilizados e aos índices físico-mecânicos mensurados no estado fresco e endurecido das composições; os quais também foram presentes em correlações significantemente fortes com as propriedades dos revestimentos.
Palavras-chave: argamassas, plastificantes inertes, manifestações patológicas.

ABSTRACT

The recurrent pathological manifestations in mortars are mainly caused due to its composition associated with the low quality of the used materials, the lack of technical knowledge of the sector, and the efforts to reduce lead times of masonry system. This study aims to evaluate different inert materials used in mortars with plasticizer function - phyllite, calcareous filler, and clay - which are used instead of mixed mortars that require longer curing. The objective was to produce four different coating mortar compositions, to study them in fresh and hardened states, and to analyze the presented pathological manifestations. The mortars were produced with the cement CP IV 32 RS with standard consistency of 270±5 mm. It was developed three mortars with volumetric composition 1: 1: 6 (cement: plasticizer: sand), and hydraulic mortar produced with a plasticizer additive and composition 1: 4. The study's first stage consisted in the physical characterization of all materials, and the second and third ones were focused in to assess mortars in fresh and hardened states, respectively. Later, it was performed the coating of masonry models (40x50 cm) controlling the appearance of pathological manifestations due to climate exposure and the physical-mechanical characteristics of the system such as permeability, tensile adhesion and hard body impact. The observed pathological manifestations might be related to the physical characteristics of the applied materials and to the measured physical-mechanical indices in fresh and hardened states of the compositions; which were also present in strong correlations with the properties of the coatings.
Keywords: mortars, inert plasticizers, pathological manifestations.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

As argamassas são inerentes a diversos processos produtivos da construção civil brasileira, devido à possibilidade de grande variedade de funções, dentre elas, o assentamento de blocos para elevação de alvenarias, o revestimento de paredes, muros, pisos e tetos, a colagem e o rejuntamento de placas e rochas ornamentais. Elas se colocam desse modo como um dos principais materiais construtivos por permitir serem utilizadas em quaisquer das tipologias construtivas e estruturais adotadas atualmente.

Pelo fato de compor principalmente os sistemas de vedação, revestimento e decoração, respondem por uma grande área de destinação de recursos financeiros e materiais, tempo e mão de obra. Esses sistemas, entretanto, são recorrentemente associados a manifestações patológicas, oriundas muitas vezes da baixa qualidade e/ou da indevida utilização dos materiais empregados.

O setor de revestimentos argamassados, por exemplo, tem como causa de manifestações patológicas a utilização indevida de argamassas hidráulicas em detrimento de argamassas mistas, buscando a redução de prazos. A diferença entre os prazos necessários para os dois tipos de argamassas pode ser percebida através da idade de cura regulamentada para emboço, de 21 dias para argamassas mistas, e apenas 7 dias para argamassas hidráulicas [1].

Contudo, Cavalheiro [2] atesta que as argamassas de cimento Portland são muito mais fortes, comprometendo a estanqueidade da alvenaria, graças à sua baixa capacidade de deformação, que leva à fissuração e enfim a uma maior permissividade de infiltração de líquidos, gases e agentes agressivos, tornando-as suscetíveis a um maior número de manifestações patológicas e reduzindo sobremaneira a durabilidade dos revestimentos.

A composição de argamassas hidráulicas apresenta ainda características indesejáveis no estado fresco, como a baixa retenção de água e pouca trabalhabilidade, as quais têm exigido a incorporação de materiais inertes que tal como as cales garantam a plasticidade das misturas e a melhoria dos demais aspectos. A utilização desses materiais inertes em detrimento da composição de argamassas mistas tem função apenas na manutenção das características exigíveis no estado fresco, não havendo consenso entre a comunidade científica quanto ao desempenho final dos sistemas de revestimento.

Quarcioni e Cincotto [3] afirmam que estes produtos são adições minerais inertes ou químicos, que conferem apenas trabalhabilidade às argamassas no estado fresco, mas não contribuem com o desempenho no estado endurecido. Outros estudos, entretanto tem notado que adições e resíduos da construção têm influência favorável ao desempenho das argamassas, quando empregados com alto teor de finos, através do efeito de preenchimento de vazios (efeito fíler) e consequentemente do melhor empacotamento [4]. Graças ao empacotamento há também garantia de menor porosidade às argamassas e assim maior estanqueidade das alvenarias produzidas.

Materiais como filitos, fíleres, saibros, e diversos aditivos químicos tem sido empregados com função plastificante mesmo na ausência de normas regulamentadoras, ou até mesmo sem sua devida caracterização ou a análise da durabilidade dos revestimentos produzidos. Estes materiais têm sido pouco reportados na literatura e não existe controle qualitativo embasado em normativas técnicas, assim como há para as cales [5].

O presente estudo se desenvolveu com o objetivo de caracterizar esses materiais inertes, avaliar as propriedades físico-mecânicas das argamassas e investigar o comportamento e as manifestações patológicas ocorridas nos revestimentos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado de forma experimental no Laboratório de Análises Tecnológicas de Materiais de Construção do Centro Universitário de Patos de Minas com atividades de caracterização dos materiais plastificantes e das argamassas, nos estados fresco e endurecido, além da inspeção das manifestações patológicas e do comportamento de modelos de alvenaria frente à exposição climática.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.1 Caracterização dos materiais

De modo a permitir a dosagem das argamassas em laboratório foram realizados ensaios para determinação de índices físicos como massa específica e massa unitária dos materiais. Os resultados foram adotados na conversão do traço volumétrico para traço em massa. Os materiais plastificantes e a areia foram caracterizados também quanto à sua composição granulométrica, pulverulência, quantidade de impurezas orgânicas presentes, e retenção de água.

A composição granulométrica foi avaliada de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003 [6], permitindo também a determinação do módulo de finura e da dimensão máxima característica. A massa unitária dos agregados foi determinada de acordo com a ABNT NBR NM 45:2006 [7]. Para o ensaio de massa específica adotou-se os princípios da ABNT NBR NM 23:2001 [8] que utiliza o frasco de Le Chatelier preenchido respectivamente com água para os inertes e querosene para o ensaio com cimento. Para avaliação da pulverulência e das impurezas orgânicas os materiais foram ensaiados segundos as normas ABNT NBR NM 46:2003 [9] e ABNT NBR NM 49:2001 [10].

O ensaio de retenção de água foi realizado em obediência à norma que trata da retenção de pastas executadas com cal e areia padrão brasileira, a ABNT NBR 9290:1996 [11]. O ensaio foi realizado com duas amostras das pastas de cada material com a consistência padrão exigida em norma, e o índice é dado pela razão entre a consistência inicial e a final. Segue abaixo a Figura 12, onde se apresentam maiores detalhes da execução dos ensaios ora descritos.



Figura 12: Execução dos ensaios de caracterização física.
(a) Composição granulométrica - (b) Massa específica pelo frasco Le Chatelier - (c) Determinação da massa unitária (d) Impurezas orgânicas - (e) Pulverulência - (f) Pasta com consistência padrão - (g) Pasta após a sucção de água para avaliação da retenção

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2 Índices do estado fresco

A avaliação das argamassas teve como base os requisitos apontados na ABNT NBR 13281:2005 [12] para argamassas de assentamento e revestimento. Foram realizados ensaios de consistência através da mesa de espalhamento, determinação da retenção de água pelo Funil de Buchner e determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.

O índice de consistência serviu de parâmetro para determinação do volume de água necessário para o amassamento das argamassas. Foi adotado o valor padrão de 270±5 mm devido à boa trabalhabilidade percebida e de modo a evitar em todas as composições a ocorrência de exsudação e segregação dos materiais.

Após a determinação do volume de água os traços foram misturados de acordo com o procedimento da ABNT NBR 13276:2005 [13]. As argamassas no estado fresco foram então ensaiadas para determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado, obedecendo à ABNT NBR 13278:2005 [14] e em seguida para mensuração da retenção de água através do Funil de Buchner, de acordo com a ABNT NBR 13277:2005 [15].

As argamassas foram produzidas em volume suficiente para caracterização no estado fresco e para a conformação dos corpos de prova necessários para avaliação do estado endurecido. Na Figura 13 segue demonstração dos ensaios realizados na etapa.



Figura 13: Ensaios das argamassas no estado fresco e moldagem dos corpos de prova.
(a) Determinação do espalhamento máximo antes da visualização de exsudação - (b) Densidade de massa e teor de ar incorporado - (c) Retenção de água pelo funil de Buchner - (d) Moldes prismáticos para os corpos de prova.

2.3 Índices do estado endurecido

No estado endurecido foram mensurados índices físico-mecânicos normativos [12] como a densidade de massa aparente, o módulo elástico dinâmico, a absorção de água por capilaridade, a absorção por imersão, e a resistência à tração na flexão e à compressão.

Todos os ensaios no estado endurecido, segundo as respectivas normas, foram realizados aos 28 dias de idade, à exceção da resistência mecânica de tração e compressão realizados aos 3, 7, 28 e 70 dias. Para realização de todos os ensaios aos 28 dias foi necessário adotar uma sequência de execução, em que não se conseguiu encaixar a determinação da absorção por imersão, a qual foi realizada em duas placas de 2 x 10 x 10 cm de cada argamassa.

Nos corpos de prova normatizados adotou-se a seguinte ordem: densidade de massa aparente, módulo elástico dinâmico, absorção de água por capilaridade e a resistência à tração na flexão e à compressão. Logo abaixo, na Figura 14, são mostrados os ensaios em execução.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 14: Ensaios do estado endurecido
(a) Densidade de massa aparente - (b) Determinação do módulo elástico através da velocidade de pulsos ultrassônicos
(c) Absorção de água por imersão - (d) Resistência à tração na flexão - (e) Determinação da absorção por capilaridade

2.4 Avaliação do revestimento

Dois modelos de alvenaria foram executados para cada argamassa, com largura de 50 cm e altura de 40 cm. Foram utilizados blocos cerâmicos da região assentados com juntas de aproximadamente 1 cm, chapiscados com argamassa 1:3 (cimento:areia média), e revestidos após 7 dias de cura do chapisco. Revestiu-se cada modelo com os traços definidos na segunda etapa, adotando camada única com espessura de 1,5 cm em cada face da alvenaria, acabamento sarrafeado e arestas vivas. Abaixo, na Figura 15 pode ser visualizado o modelo proposto e na Figura 16, a sua execução.

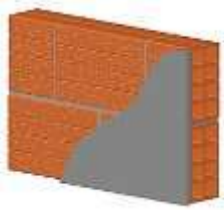


Figura 15: Modelo de alvenaria em dimensões reduzidas

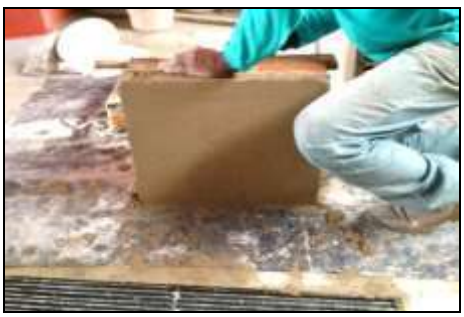


Figura 16: Revestimento do modelo

Após o revestimento, os modelos foram expostos a um ambiente externo ao laboratório, voltados para o norte. Contadas as idades de 1, 3, 7, 28 e 70 dias inspecionaram-se os revestimentos à procura de manifestações patológicas na face exposta do primeiro modelo; no qual aos 28 dias, foram realizados ensaios de impacto de corpo duro, e permeabilidade, enquanto na face exposta do outro modelo de cada argamassa foi ensaiada a resistência de aderência à tração. Pode-se acompanhar os ensaios na Figura 17.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 17: Exposição climática e execução dos ensaios nos revestimentos
(a) Exposição dos modelos - (b) Ensaio de aderência à tração (c) Esfera sobre revestimento utilizada para impacto de corpo duro - (d) Absorção por permeabilidade através do método do cachimbo

O ensaio de impacto de corpo duro foi adaptado do Anexo B da ABNT NBR 15575-4:2013 [16]. Utilizou-se esfera de aço com 413 g solta de uma altura de 0,91 m para impactar o revestimento com o padrão de energia de 3,75 J tabelado em norma para avaliação do desempenho no Estado Limite de Serviço (ELS) de argamassas utilizadas em fachadas.

A permeabilidade à agua foi mensurada através do método do cachimbo previsto no Anexo G da ABNT NBR 14992:2003 [17], escolhido em detrimento do método da ABNT NBR 15575-4:2013 [16] que estabelece a utilização de uma grande câmara de vidro acoplada à parede, impossibilitando a execução de maior quantidade de ensaios nos modelos. No ensaio utilizou-se cimento asfáltico de petróleo para vedação do cachimbo sobre os revestimentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

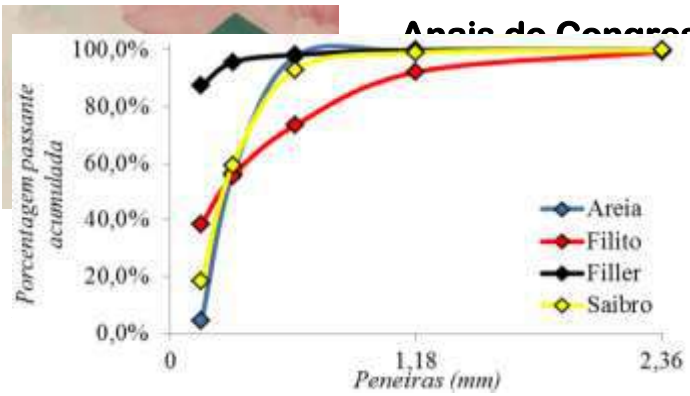
O estudo buscou principalmente a observação das características físicas dos materiais plastificantes, das argamassas e dos revestimentos, de modo a entender quais destes materiais são mais vantajosos para o atual cenário da construção civil e compará-los com uma argamassa hidráulica com adição de um plastificante químico.

3.1 Índices físicos dos materiais

A caracterização dos materiais, objetiva permitir a conversão de traço volumétrico para traço em massa e o entendimento das características das argamassas. Na Tabela 1, segue o resumo das características mensuradas, onde Dmáx é o diâmetro máximo característico, M.F é o módulo de finura, C_U é o coeficiente de uniformidade.

Tabela 19 - Resumo das características físicas

Material	Composição granulométrica					Densidade (g/cm³)		Impurezas orgânicas	Fino <75µm
	Dmáx (mm)	M.F.	Argila+ Silte	Areia (%)	Cu D_{60}/D_{10}	Específica	Unitária		
Cimento	-	-	-	-	-	3,03	1,02	-	96,1%
Areia	0,6	1,42	4,2%	95,8	0,48	2,64	1,49	Puro	2,3%
Filito	2,36	1,41	38,5%	61,0	0,15	2,19	1,00	Puro	81,7%
Fíler	0,3	0,18	87,5%	12,5	0,24	2,59	1,21	Puro	75,1%
Saibro	1,18	1,30	18,2%	81,8	0,41	2,58	1,47	Impuro	8,1%



ercebe-se que os materiais plastificantes tem módulo de revestimento. Os coeficientes de uniformidade retratam s uniformes para a areia e o saibro utilizados, ambos stribuição dos materiais pode ser visualizada na Figura 18.

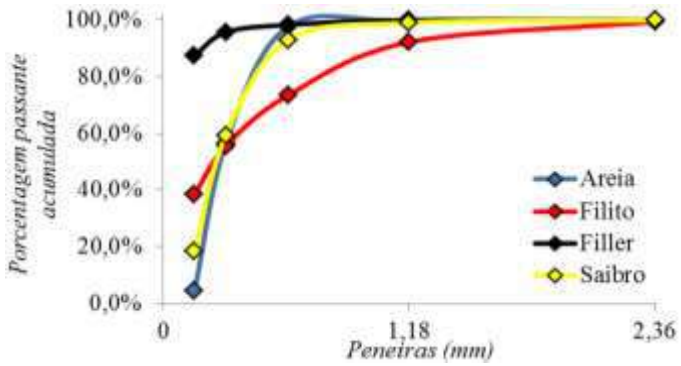


Figura 18: Curvas granulométricas dos materiais estudados

Os materiais se mostraram livres de impurezas orgânicas, com exceção do saibro. A ABNT NBR 7211:2009 [18] estabelece que o material com coloração indicativa de alto teor de impurezas orgânicas deve ser ensaiado para determinação do índice de desempenho, o qual pode ou não permitir o uso do agregado. O índice não foi avaliado no trabalho, pois ainda que as impurezas inviabilizem o uso, almejou-se visualizar os seus efeitos no revestimento.

O filito e o fíler analisados contêm alto teor de pulverulência, índice interessantes às argamassas pois "[...] os finos ocupam os espaços vazios entre as partículas maiores, tendo, assim, um empacotamento melhor que a argamassa sem finos" [4] , levando a melhores índices tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

Concluiu-se com a caracterização que o material adquirido com o nome de saibro na região, é uma mistura de areia fina e material siltoso contendo alto teor de impurezas orgânicas. Deve-se ressaltar que os saibros em geral tratam-se de materiais de difícil definição, principalmente em função da variabilidade causada pela heterogeneidade de jazidas [19].

Na Tabela 20, seguem os índices de retenção de água obtidos nas pastas misturadas com os materiais em estudo e a areia padrão. A retenção de água está relacionada com a trabalhabilidade à medida que influi na quantidade de líquido presente na dispersão, e relaciona-se diretamente ao desempenho do revestimento devido à garantia de hidratação do cimento e de sua aderência ao substrato. Diante dos dados obtidos pode-se observar que o filito e o fíler apresentaram os maiores valores de retenção, graças à presença de finos, e sua maior capacidade de adsorção da água na superfície das partículas [20]. Visualiza-se também que a pasta confeccionada com cimento tem o menor valor de retenção.

Tabela 20 - Valores de retenção das pastas

Pasta padrão	Retenção média
Filito	92,0%
Fíler	86,6%
Saibro	48,1%
Cimento + aditivo	32,4%

3.2 Estado fresco

A partir dos dados da etapa de caracterização física e dos testes iniciais foi possível obter o traço em massa e o teor ideal de água que resultaria em argamassas com consistência de 270±5 mm. Na Tabela 21 encontram-se os valores de consistência e o traço final das argamassas confeccionadas. Nota-se que a relação água/cimento da argamassa com filito foi muito alta devido às características das partículas finas presentes no material as quais exigem maior teor de água para lubrificação da sua superfície.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Tabela 21 - Dosagem das argamassas e índice de consistência

Dosagem	Traço				Consistência (mm)
	Cimento	Material	Areia	Água	
cimento:filito:areia	1	0,980	8,765	2,47	269
cimento:fíler:areia	1	1,186	8,765	1,86	272
cimento:saibro:areia	1	1,441	8,765	2,06	267
cimento:aditivo:areia	1	4 ml	5,843	1,23	271

Abaixo, na Tabela 22 são apresentados os índices de retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado, mensurados no estado fresco.

Tabela 22 - Resumo das propriedades no estado fresco

Argamassas	Retenção de água	Densidade de massa (g/cm³)	Densidade teórica (g/cm³)	Teor de ar incorporado
cimento:filito:areia	90,5%	1,973	2,012	1,94%
cimento:fíler:areia	71,6%	2,004	2,146	6,63%
cimento:saibro:areia	74,6%	1,992	2,116	5,85%
cimento:aditivo:areia	65,7%	1,871	2,138	12,50%

Vale ressaltar que a densidade de massa é uma das propriedades importantes no estado fresco, pois o esforço necessário para o lançamento de argamassas é proporcional à densidade que estas apresentam. O teor de ar incorporado tem relação inversamente proporcional à densidade e a partir dele será possível relacionar algumas das propriedades do estado endurecido como a absorção de água e a capilaridade.

Para o ensaio de retenção de água os resultados obtidos confirmaram o princípio de que as argamassas hidráulicas sem adições retêm pouca água. A argamassa produzida com filito, foi a melhor nessa característica, retendo 90,5% de água, confirmando o poder de retenção do material já visualizado no ensaio com a pasta filito:areia padrão.

3.3 Estado endurecido

"As argamassas de revestimento não têm função estrutural e, por isso, a resistência mecânica poderia ser encarada como parâmetro secundário no desempenho do revestimento" [21]. Entretanto os parâmetros de desempenho das argamassas no revestimento como resistência à fissuração, ao arrancamento, fendilhamento, ao impacto de corpo duro, abrasão por ações antrópicas, entre outros, são intrinsecamente ligados ao desempenho mecânico. As variáveis mecânicas e físicas mensuradas aos 28 dias na presente etapa, de acordo com a ABNT NBR 13281:2005 [12] seguem na Tabela 23.

Tabela 23 - Propriedades no estado endurecido aos 28 dias

Argamassas	Absorção (%)	Coef. de capilaridade (g/cm².√min)	Densidade de massa (kg/m³)	Compressão (MPa)	Tração na flexão (MPa)	Módulo elástico (MPa)
cimento:filito:areia	17,4%	1,83	1694,3	0,83	0,52	2420
cimento:fíler:areia	12,7%	1,20	1767,0	1,35	0,72	5450
cimento:saibro:areia	14,9%	1,26	1644,3	0,79	0,45	3774
cimento:aditivo:areia	16,5%	0,94	1593,9	2,42	1,09	7432

Pode-se observar que as argamassas são distintas, à exceção da densidade de massa, na qual todas receberam classificação M5. Quanto à resistência mecânica a argamassa com aditivo foi classificada como P2, R2; enquanto as demais são classificadas como P1, R1 [12]. Percebe-se também que a maior resistência mecânica levou a um menor coeficiente de capilaridade devido ao melhor preenchimento dos vazios pelos produtos de hidratação do cimento [22].

Os valores mensurados de absorção por imersão não puderam ser correlacionados significativamente aos demais índices, mas a explicação pode ser entendida à luz da microestrutura das argamassas, que não foi avaliada nesse trabalho. A argamassa com filito, por exemplo, tem a maior absorção seguida pela argamassa com aditivo; que são respectivamente as misturas com menor e maior teor de ar incorporado. O fato da argamassa com aditivo possuir o menor coeficiente de capilaridade e maior absorção total poderia ser explicado por uma grande quantidade de poros com diâmetro que dificultem a ascensão por capilaridade.

O valor de módulo elástico encontrado para a argamassa com aditivo comparado aos valores encontrados para as demais reflete a relação proporcional entre a rigidez das argamassas e o teor de cimento empregado [3]. Segundo Veiga [23] o módulo de elasticidade ideal para que argamassas não apresentem falhas por fissuração, gira entre 2 e 5 GPa para o ambiente externo, conseguido apenas para as argamassas com filito e saibro.

A resistência mecânica das argamassas foi estudada nas idades de 3, 7, 28 e 70 dias, possibilitando então o acompanhamento da sua evolução com a idade, que segue na Figura 19. Pode-se notar o comportamento típico de argamassas hidráulicas, na qual a resistência evolui rapidamente e atinge um patamar. Faz-se notável o fato da argamassa com saibro perder 8% da resistência à compressão entre as idades de 7 e 70 dias

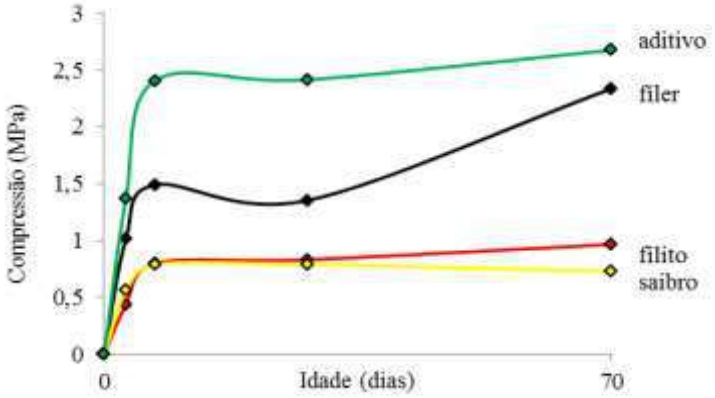


Figura 19: Evolução da resistência à compressão com a idade

Os índices de resistência mecânica do estado endurecido aos 28 dias foram relacionados de forma linear e significativa com o consumo de água exigido para o amassamento das argamassas, como visto na Figura 20. A diminuição dos valores de resistência à compressão leva a menores módulos de elasticidade e resistência à tração, e, portanto a resistência à compressão se afirma como um parâmetro para controle da qualidade das argamassas [2].

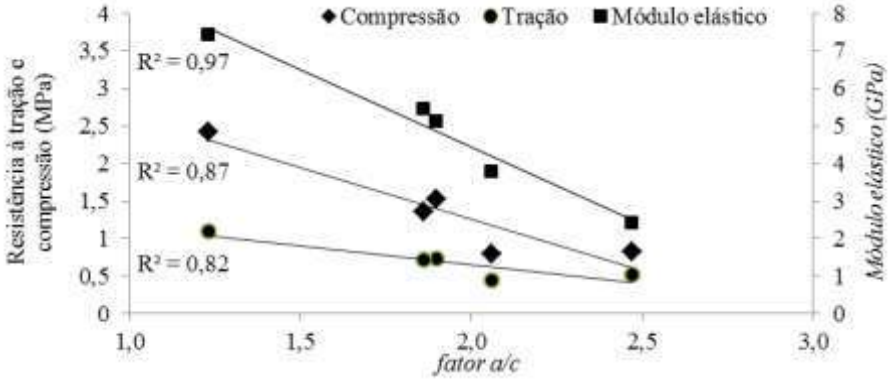


Figura 20: Correlações com o fator água/cimento

3.4 Avaliação do revestimento

Através do ensaio de impacto de corpo duro, com energia de 3,75 J, nenhuma das argamassas apresentou profundidade das mossas superior a 2 mm no ELS, caracterizando-as portanto com desempenho Intermediário [16], e permitindo sua utilização para revestimento externo.

A resistência de aderência à tração foi ensaiada nos modelos com a idade de 28 dias. Seguem na Tabela 24 os resultados médios de 12 determinações em cada amostra, excluídos os valores com desvio relativo acima de 30%. De acordo com a ABNT NBR 13749:2013 [24] por análise das resistências de aderência, a argamassa produzida com saibro não se adequa à condições normais de uso. A argamassa com filito serve à utilização apenas em paredes internas que receberão pintura ou base para reboco, ou ainda para tetos. Por fim, as argamassas com fíler e com aditivo plastificante não têm restrições quanto à exposição e ao acabamento recebido.

Tabela 24 - Resistência de aderência à tração

Argamassas	Tensão Ra (MPa)	Coef. Variação
cimento:filito:areia	0,22	13,2%
cimento:fíler:areia	0,33	20,4%
cimento:saibro:areia	0,17	13,4%
cimento:aditivo:areia	0,39	13,6%

Os resultados de aderência puderam ser correlacionados ao valor de resistência à tração na flexão, que é admitido como o maior valor de aderência possível. Com a equação de correlação obtida com R^2 de 0,97, visualizada na Figura 21, pode-se afirmar que a aderência das argamassas produzidas girou em torno de 42% da resistência à tração das mesmas.

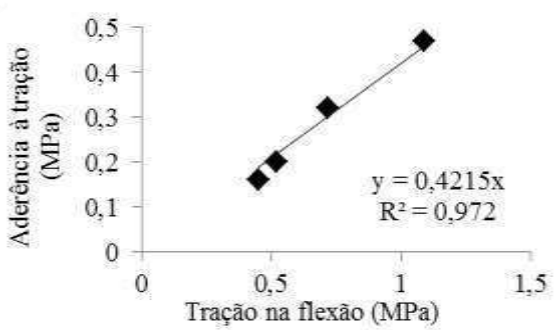


Figura 21: Resistência de aderência em função da resistência à tração

A permeabilidade pelo método do cachimbo foi maior para as argamassas com aditivo, e filito, do mesmo modo que os valores de absorção por imersão e por capilaridade, podendo levar a uma menor durabilidade dos revestimentos, devido às variações higrotérmicas oriundas dos ciclos naturais ou antrópicos de umidificação e secagem do revestimento [25]. O comportamento das argamassas pode ser conferido pela inclinação das retas presentes na Figura 22.

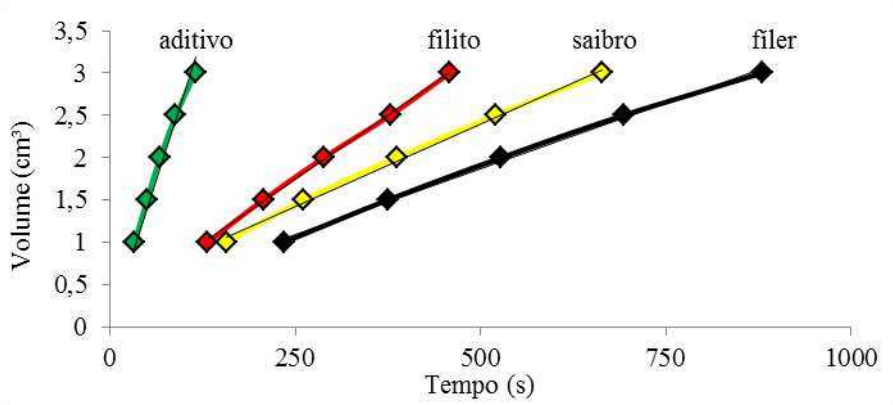


Figura 22: Volume infiltrado médio em função do tempo

3.4.1 Manifestações patológicas observadas

Ao longo das datas previstas para observação dos modelos de alvenaria, foram observadas 3 manifestações patológicas. A primeira manifestação notada, com três dias de idade, foi a fissuração devido à retração por secagem da argamassa com filito. Foram percebidas 3 fissuras de pequena abertura com comprimento aproximado de 10 cm, as quais podem

ser visualizadas na Figura 23. A retração é o fenômeno de contração dos elementos sólidos da argamassa, que se dá até os sete dias de idade, através da perda de água para o ambiente e pelas reações de hidratação do cimento [26].
Esta argamassa possui o menor módulo elástico e a maior relação tração/módulo elástico, portanto não se esperava sua fissuração. Por outro lado, a argamassa com filito emprega o material estudado com maior teor de pulverulência, levando também a maior relação água/cimento, que são as principais causas de retração por secagem [27].



Figura 23: Retração por secagem no modelo revestido pela argamassa com filito

Aos 28 dias de idade notou-se a segunda manifestação patológica, visualizada na Figura 24, o desgaste por impacto nas arestas da argamassa com saibro. A movimentação dos modelos se fez necessária para realização dos demais ensaios, porém a baixa resistência mecânica da argamassa contribuiu negativamente ao comportamento frente às ações impostas.



Figura 24: Desgaste das arestas da argamassa com saibro

A terceira manifestação patológica foi observada na avaliação aos 70 dias de idade, após período de chuvas intensas. Foi percebida a presença de bolor na argamassa com filito em uma faixa de 10 cm na parte inferior do modelo, como visto na Figura 25, com alteração de cor e presença de material que se desprende ao toque. A alta absorção e o alto coeficiente de capilaridade da argamassa juntamente à condição climática de alta umidade impediram a perda da água para o ambiente, promovendo assim saturação ideal para o aparecimento e proliferação do bolor no revestimento. [28]



Figura 25: Faixa de bolor junto à base do modelo

5. CONCLUSÃO

As argamassas produzidas com os materiais inertes de função plastificante apresentaram comportamento diferenciado nas etapas estudadas. Ressalta-se que se deve evitar o emprego do saibro analisado devido ao baixo desempenho mecânico em geral da argamassa. A argamassa com filito por sua vez contou com maior incidência de manifestações

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

patológicas, porém a retração por secagem é reflexo do alto teor de finos, e a ocorrência de bolor pode ser contornada com impermeabilização adequada da parte inferior das alvenarias.

As argamassas com fíler calcário e aditivo químico tiveram aderências adequadas à utilização, e as maiores resistências mecânicas, entretanto ainda devem ser avaliadas quanto à fissuração devido às movimentações naturais de painéis de alvenaria, já que tem módulo elástico considerado alto. O estudo reforçou a necessidade da avaliação dos materiais empregados em argamassas, e permite afirmar que a adição de materiais inertes pode ser vantajosa, diminuindo o consumo de cimento e garantindo trabalhabilidade, desde que adotados princípios básicos para caracterização dos materiais, dosagem e execução das argamassas.

6. REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. "NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento". 1998, 13 p.

[2] Cavalheiro, O, "Argamassa de assentamento: Receita, dosagem ou adequação de traço?", *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 1, 1995, p. 134-142.

[3] Quarcioni, V; Cincotto, M, "Influência da cal em propriedades mecânicas de argamassas", *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 6, 2005, p. 233-250.

[4] Silva, N; Buest, G; Campiteli, V, "Argamassas com areia britada: influência dos finos e da forma das partículas", *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas*, 6, 2005, p. 12-22.

[5] Romano, R. e*t al*; "Caracterização reológica de suspensões cimentícias mistas com cales ou filitos", *Ambiente Construído,* 2014, n.º14, p. 75-84.

[6] ABNT. "NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica", 2003, 6 p.

[7] ABNT. "NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios", 2006, 8 p.

[8] ABNT. "NBR NM 23: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica", 2001, 5 p.

[9] ABNT. "NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem", 2003, 6 p.

[10] ABNT. "NBR NM 49: Agregado miúdo - Determinação de impurezas orgânicas", 2001, 3 p.

[11] ABNT. "NBR 9290: Cal hidratada para argamassas - Determinação de retenção de água - Método de ensaio", 1996, 4 p.

[12] ABNT. "NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos", 2005, 7 p.

[13] ABNT. "NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência", 2005, 3 p.

[14] ABNT. "NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado", 2005, 4 p.

[15] ABNT. "NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água", 2005, 3 p.

[16] ABNT. "NBR 15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE", 2013, 63 p.

[17] ABNT. "NBR 14992: A.R. - Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas - Requisitos e métodos de ensaios", 2003, 16 p.

[18] ABNT. "NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação", 2009, 2 p.

[19] Oliveira, M; Agopyan, V, "Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos". *DECC/EPUSP, BT/PCC/73*. 1992. 40 p.

[20] Silva, N, "Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária", *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná*, 2006, 100 p.

[21] Cardoso, F, "Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico". *Tese de Doutorado, DECC/EPUSP*, 2009, 138 p.

[22] Melo, K. *et al;* "A influência do teor de cal hidratada nas propriedades de argamassas de cimento, cal e areia", *Congresso Português de Argamassa e ETICS*, 2, 2007, 12 p.

[23] Veiga, M. et al. "Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings". International Seminar Historical Constructions, 2001, p. 353-362.

[24] ABNT. "NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação", 2013, 8 p.

[25] Braga, M, "Desempenho de argamassas com agregados finos provenientes da trituração do betão: Efeito de fíler e pozolânico". *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa*, 2010, 156 p.

[26] Fiorito, A, "Manual de argamassas e revestimentos: Estudos e procedimentos de execução", 2009, 232 p.

[27] Mattos, L. "Identificação e caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém-PA". *Dissertação de Mestrado, UFRGS*, 2001, 124 p.

[28] Shirakawa, M. *et al;* "Identificação de fungos em revestimentos de argamassa com bolor evidente." Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas 1 (1995): 402-10.