AVALIAÇÃO DE COMPORTAMENTO FÍSICO-MECÂNICO DE ARGAMASSAS AUTOADENSÁVEIS COM ADIÇÃO DE FILLER CALCÁRIO

Tema: Tecnologia dos materiais

LUCCA F. SOARES[1], ANA RITA D. COSTA[2], FRANCISCO GABRIEL S. SILVA[3], VANESSA S. SILVA[4]

[1] Universidade Federal da Bahia/UFBA, lucca8057@gmail.com
[2] Universidade Federal da Bahia/UFBA, ana.rita.d.costa@gmail.com
[3]Prof. Dr., Universidade Federal da Bahia/UFBA, fgabriel.ufba@gmail.com
[4]Prof. Dr., Universidade Federal da Bahia/UFBA, vanessass@ufba.br

RESUMO

Argamassas autoadensáveis incorporam elevada fluidez e estabilidade, viabilizando a produção de argamassas ideais para bombeamento com alta produtividade. Foram desenvolvidas pastas e argamassas utilizando aditivos superplastificantes e modificadores de viscosidade e filler como adição. Os produtos avaliados em estado fresco no método de Kantro. As composições com maiores estabilidade, abertura de espalhamento e uniformidade de bordas foram submetidas a ensaios mecânicos, e módulo de elasticidade dinâmico. As resistências cresceram com menores relações a/c e consumos de cimento. O inverso foi observado com módulo de elasticidade. Os traços mais estáveis apresentaram melhor desempenho mecânico.

Palavras-chave: Reologia, filler, autoadensável, aditivos.

PHYSICAL-MECHANICAL EVALUATION OF SELF-COMPACTING MORTARS WITH CALCARY FILLER

ABSTRACT

Self-compacting mortars present high fluidity and stability, enabling the production of ideal mortar for pumping with high productivity. Pastes and mortars were developed using superplasticizers and viscosity modifiers admixtures, as well filler. The products were evaluated in fresh condition by Kantro method. The compositions with higher stability, spread diameter and edge uniformity were subjected to mechanical tests, dynamic modulus of elasticity. Resistances grew with lower w/b ratios and higher cement consumption. The inverse was observed with modulus of elasticity. The most stable compositions showed better mechanical performance.

Key-words: Reology, filler, self-compacting materials, admixtures.

1. INTRODUÇÃO

A principal característica dos materiais autoadensáveis remete à sua elevada fluidez, quando comparada aos convencionais. Sua utilização em argamassas, em contrapisos por exemplo, implica em considerável redução da mão de obra e do tempo de aplicação, uma vez que seu espalhamento ocorre praticamente em decorrência do efeito da gravidade e de sua capacidade de fluxo. A utilização deste sistema fornece melhor controle de qualidade dos materiais e uma logística de obra mais eficiente, uma vez que a utilização da bomba dispensa os equipamentos convencionais horizontais e verticais para a realização de transporte e estoque do material. (1)(2)

Tendo exigências de desempenho muito superiores ao convencional, as pastas e argamassas em estudo utilizam-se de aditivos químicos e adições minerais nas misturas, incrementando-se os teores de finos e o afastamento entre partículas maiores, no intuito de manter a trabalhabilidade, fluidez e a resistência à segregação em teores ótimos. (3)(4)

O comportamento reológico das argamassas tem fundamental influência na sua caracterização no estado fresco e definição das propriedades adequadas para cada tipo de aplicação, uma vez que trata da trabalhabilidade do material e sua interação com outros meios. Deste modo, um estudo do comportamento dos aditivos químicos e adições, bem como de sua dosagem visa fornecer um controle maior na produção de pastas autoadensáveis. O presente trabalho procura caracterizar o comportamento reológico das composições de pasta e analisar os desenvolvimentos em argamassa e a influência de sua dosagem (com uso de filler calcário e aditivos superplastificante e modificador de viscosidade) e relação com outros parâmetros de caracterização no estado fresco e endurecido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Foram avaliadas pastas compostas por cimento, filler calcário, água e aditivos superplastificante e modificador de viscosidade, acrescentando-se posteriormente areia natural quartzosa para desenvolvimentos em argamassa.

O aglomerante utilizado nas misturas, tanto em pasta, quanto em argamassa, foi o CP-II Z 32-RS, que é de predominância no mercado da construção civil regional. O material particulado usado como filler provém do retido nos filtros de manga dos britadores de uma pedreira da região. O superplastificante (SP) fornecido é um aditivo da terceira geração – base de policarboxilato. O aditivo modificador de viscosidade (VMA) é um biopolímero indicado para formulações de concretos autoadensáveis e com compatibilidade assegurada com o superplastificante. O agregado miúdo utilizado nos traços de argamassa da pesquisa é procedente da região metropolitana de Salvador – BA.

2.2. Métodos

2.2.1. Caracterização das matérias-primas

Na Tabela 1 são apresentados os ensaios de caracterização das matérias-primas do estudo.

Tabela 1 - Ensaios de caracterização das matérias-primas utilizadas.

DETERMINAÇÃO	NORMA	MATERIAL	VALOR
Massa específica	ABNT NBR NM 23: 2001[5]	Cimento Portland	3,11 g/cm³
		Filler	2,80 g/cm³
Teor de material pulverulento	ABNT NBR NM 46: 2003[6]	Areia Natural Quartzosa	2,36 %
Massa específica	ABNT NBR NM 52: 2009[7]	Areia Natural Quartzosa	2,66 g/cm³

2.2.2. Desenvolvimento das pastas autoadensáveis

Em diferentes etapas, insumos foram intercambiados nas misturas no intuito de analisar o comportamento isolado de cada variação. O aditivo SP foi fixado em 0,5%, com base em estudos[4]. Após testes com variações de VMA, foi observado que, considerando a ação do filler como modificador de viscosidade, as melhores pastas foram aquelas que apresentavam a menor dosagem de aditivo VMA. A relação a/c avaliada em etapa posterior do estudo, definida em 0,55. Obtiveram-se 15 variações de traços experimentais de pasta, subdividas em três segmentos de análise. (Tabela 2)

Tabela 2: Traços experimentais de pasta.

PASTAS	TRAÇOS UNITÁRIOS EM MASSA			ADITIVOS [%MC]	
	CIMENTO	FILLER	ÁGUA	SP	VMA
SP 0%	1,00	0,000	0,55	0,5	0
SP 2,5%	1,00	0,025	0,55	0,5	0
SP 5,0%	1,00	0,050	0,55	0,5	0
SP 7,5%	1,00	0,075	0,55	0,5	0
SP 10%	1,00	0,100	0,55	0,5	0
VMA 0%	1,00	0,000	0,55	0	0,7
VMA 2,5%	1,00	0,025	0,55	0	0,7
VMA 5,0%	1,00	0,050	0,55	0	0,7
VMA 7,5%	1,00	0,075	0,55	0	0,7
VMA 10%	1,00	0,100	0,55	0	0,7
SP+VMA 0%	1,00	0,000	0,55	0,5	0,7
SP+VMA 2,5%	1,00	0,025	0,55	0,5	0,7
SP+VMA 5,0%	1,00	0,050	0,55	0,5	0,7
SP+VMA 7,5%	1,00	0,075	0,55	0,5	0,7
SP+VMA 10%	1,00	0,100	0,55	0,5	0,7

ISSN 1984-8757

2.2.3. Ensaio mini-cone de Kantro

A metodologia de análise reológica das misturas foi avaliada através da consistência, com o aparato inicialmente proposto por Kantro[8], que é bastante consolidado neste ramo de pesquisa. A análise foi feita em intervalos de 0, 30 e 60 minutos após a confecção das pastas, fornecendo parâmetro de evolução temporal na trabalhabilidade da mistura.

2.2.4. Definição dos traços de argamassa autoadensável

Através dos resultados da primeira etapa de ensaios, buscou-se estabelecer, por conseguinte, teores de areia e água, de modo a atender à condição autoadensável da mistura sem acarretar implicações de perda na fluidez e estabilidade das argamassas.

Foram fixados parâmetros de acordo com a literatura de referência[3][9][10][11]. Em sequência, elaborados os testes em argamassas com teores de areia de 2,0 a 3,5 vezes em relação à massa de cimento, percorrendo valores de 0,55 a 0,80 de relação água/cimento e totalizando 14 diferentes composições. Essa série de análises teve por objetivo determinar as melhores configurações de argamassa autoadensável, filtrando-se 5 traços a serem estudados com maior minúcia.

Na Tabela 3 são apresentados os ensaios realizados para caracterização das propriedades das argamassas desenvolvidas no presente estudo.

Tabela 3: Ensaios de caracterização das argamassas desenvolvidas.

DETERMINAÇÃO	NORMA
Índice de consistência	ABNT NBR 13276:2016[12]
Densidade de massa	ABNT NBR 13278:2005[13]
Resistência à Compressão	ABNT NBR 13279:2005[14]
Resistência à Tração na Flexão	ABNT NBR 13279:2005[14]
Módulo de Elasticidade Dinâmico	ABNT NBR 15630:2008[15]

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Pastas autonivelantes

3.1.1. Cone de Kantro

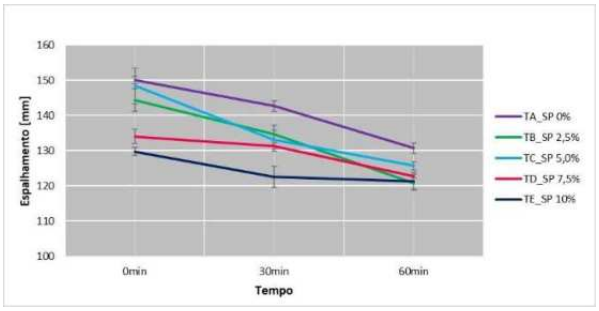
A partir dos ensaios de mini-abatimento de todas as cinco pastas do primeiro grupo de análise, foi traçado o gráfico de espalhamento x tempo (Figura 1a). Nele, é possível perceber

alguns pontos importantes, como a grande efetividade de dispersão da pasta (faixa dos 150mm) e a diminuição da fluidez na medida em que se incrementa a quantidade de filler. Além disso, nota-se que o efeito do aditivo tende a preponderar na primeira meia hora após a mistura.

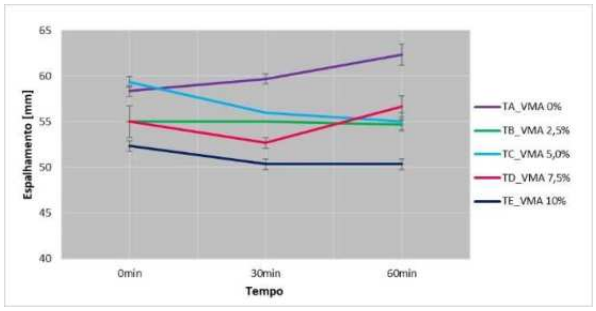
Os valores dos espalhamentos das pastas (Figura 1b) contendo apenas VMA também condizem com o esperado e comparativamente ao cenário anterior. É possível qualificar também o efeito duplo no aumento da viscosidade, com o acréscimo de filler na mistura, tendo o maior declínio na fluidez aquela mistura contendo o maior teor de filler (10%).

Com relação ao espalhamento das pastas submetidas ao ensaio de mini-abatimento com efeito da ação conjunta dos aditivos foi quantificado (Figura 1c). Ao contrário da primeira série de análise, a fluidez das misturas aumentou com o tempo, podendo vir a indicar a prevalência da ação do superplastificante mesmo após o efeito do modificador de viscosidade ser atenuado.

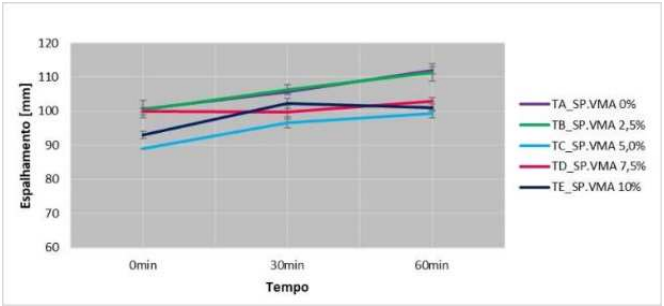
Figura 1: Espalhamento x Tempo: (a) Pastas contendo apenas aditivo SP; (b) Pastas contendo apenas aditivo VMA; (c) Pastas contendo ambos aditivos.



(a)



(b)



(c)

3.2. Argamassas autoadensáveis

Após as análises de resultados em pasta, cinco traços foram definidos por apresentarem os aspectos reológicos mais satisfatórios levando em consideração a estabilidade das argamassas. (Tabela 4)

Tabela 4: Traços de argamassas para estudo completo.

TRAÇOS DEFINITIVOS	TRAÇOS UNITÁRIOS				ADITIVOS [%MC]	
	CIMENTO	AREIA	FILLER	ÁGUA	SP	VMA
T01	1,00	2,0	0,075	0,65	0,5	0,7
T02	1,00	2,0	0,075	0,70	0,5	0,7
T03	1,00	2,0	0,075	0,75	0,5	0,7
T04	1,00	2,5	0,075	0,70	0,5	0,7
T05	1,00	2,5	0,075	0,75	0,5	0,7

A Tabela 5 apresenta os valores obtidos para a caracterização física das argamassas.

Tabela 5: Resultados de caracterização.

TRAÇO	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA	DENSIDADE	MOD. ELAST. DINÂMICO 28D
1,0 : 2,0 : 0,075 : 0,65	383 mm	2119,1 kg/m³	22045 MPa
1,0 : 2,0 : 0,075 : 0,70	408 mm	2115,4 kg/m³	22332 MPa
1,0 : 2,0 : 0,075 : 0,75	401 mm	2066,4 kg/m³	19237 MPa
1,0 : 2,5 : 0,075 : 0,70	393 mm	2125,3 kg/m³	22743 MPa
1,0 : 2,5 : 0,075 : 0,75	406 mm	2118,3 kg/m³	23328 MPa

Observa-se que os índices de consistência para as misturas dosadas se apresentaram dentro do adequado para argamassas autoadensáveis, sendo todos os valores acima de 250mm [16]. Foi possível verificar que o incremento da relação a/c atuou aumentando o índice de consistência. Por outro lado, fazendo um comparativo entre os materiais com diferentes teores de agregado miúdo, observa-se que um aumento neste fator implicou numa redução do Índice de Consistência. Nas peças do estudo, os módulos de elasticidade foram relativamente altos para argamassas, indicando materiais frágeis e não ideais ao uso comercial. Sua evolução foi proporcional ao aumento da relação a/c e ao teor de areia.

Ambos grupos de teores de areia apresentaram redução da sua densidade de massa ao se aplicar um incremento de 0,05 em suas relações água/cimento. Comparando-se as argamassas com diferentes teores de agregado, é possível observar que o crescimento do teor de areia implicou em um aumento da densidade do material.

A Figura 2 e a Figura 3 apresentam o comportamento mecânico das argamassas.

Figura 2 - Resistências à compressão

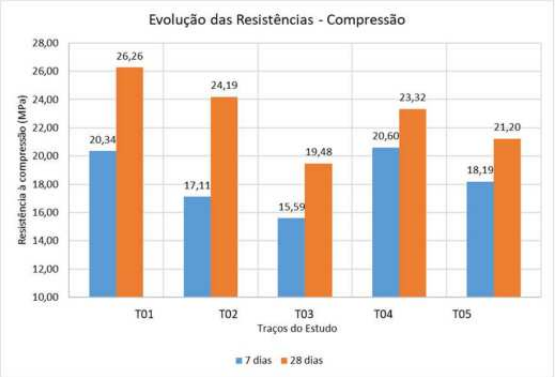
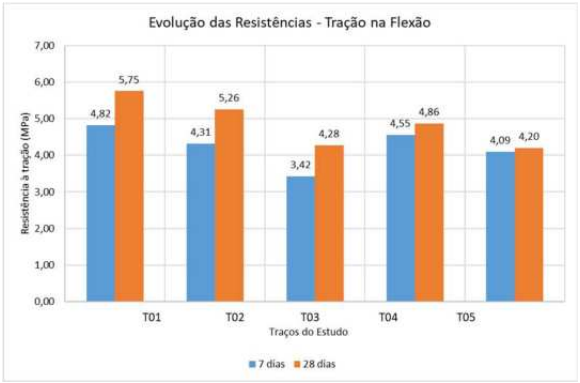


Figura 3 - Resistências à tração



A evolução das resistências apresentou comportamento inverso ao acréscimo de água e diminuição do consumo de cimento pelo acréscimo de areia. Para os menores consumos de cimento (T04 e T05) também foi constatada a menor evolução temporal percentual.

4. CONCLUSÕES

O trabalho foi realizado com base no estudo do comportamento dos materiais e análise de produto final. A caracterização permitiu determinar o teor ótimo de filler em 7,5%, para o qual as composições apresentavam o limite entre boa fluidez e coesão material.

Buscou-se inferir as influências dos aditivos nas pastas. Aquelas com ambos aditivos apresentaram faixa de espalhamento intermediária, mas com melhor equilíbrio entre fluidez e coesão ao se trabalhar com a combinação dos compostos químicos. Ausência de exsudação e espalhamento contínuo foram os principais pontos observados.

Através da dosagem das pastas foi possível chegar a traços de argamassas autoadensáveis satisfatórios diante de análise visual. Estes, após caracterização completa, foram considerados coerentes com as composições desenvolvidas na literatura de referência.

Houve forte influência dos teores de agregado miúdo e água no comportamento reológico. No comportamento mecânico, menores teores de areia apresentaram desenvolvimento mais lento da resistência à compressão, enquanto que para os maiores, a houve menor evolução de 7 para 28 dias. Deste modo, o desenvolvimento deste projeto visou dirimir os fatores limitantes a utilização da argamassa autoadensável, com um melhor entendimento frente aos métodos convencionais de execução de contrapiso.

5. REFERÊNCIAS

1. SILVA, V. D. **A importância do processo de desenvolvimento tecnológico na implantação de novas tecnologias.** Case Contrapiso Autonivelante. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Fortaleza, 2003.
2. ZHANG, S.; XU, X.; MEMON, S. A.; DONG, Z.; LI, D.; CUI, H.; **Effect of calcium sulfate type and dosage on properties of calcium aluminate cement-based self-leveling mortar.** *Construction and Building Materials,* v. 167, p. 253-262, 2018.
3. MARTINS, E. J. **Procedimento para Dosagem de Pastas para Argamassa Autonivelante.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009.
4. PUERTAS, F.; ALONSO, M. M.; VÁZQUEZ, T. **Influencia de aditivos basados en policarboxilatos sobre el fraguado y el comportamento reológico de pastas de cemento portland.** Mater Construcc. Espanha, Vol. 55, nº 277, 2005.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 23** – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. 2001.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 46** – Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. 2003.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52** – Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. 2009.
8. KANTRO, D., **Influence of water-reducing admixtures on properties of cement paste - a miniature slump test**, *Cement, Concrete and Aggregates*, v. 2, No. 2, p. 95-102, 1980.
9. BOURAS, R.; KACI, A.; CHAOUCHE, M.; **Influence of Viscosity Modifying Admixtures on the Rheological Behavior of Cement and Mortar Pastes**. Korea-Australia Rheology Journal. Vol 24, nº 1, 2012.
10. JAWAHAR, J. G; SASHIDHAR, C.; REDDY, I. V. R.; PETER, J. A.; **Optimization of superplasticiser and viscosity modifying agent in self compacting mortar.** Asian Journal of Civil Engineering. Vol 14, no 1, 2013.
11. LARA, D.; NASCIMENTO, O.; MACEDO, A.; GALLO, G.; PEREIRA, L.; POTY, E.; **Dosagem das argamassas.** In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1995, Goiânia. Anais do I SBTA, ANTAC, p. 63-72. 1995.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276 -** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. 2016.
13. 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. 2005.

14. 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. 2005.
15. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15630** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. 2008.
16. BARLUENGA, G.; HERNÁNDEZ-OLIVARES, F.; **Self-levelling cement mortar containing grounded slate from quarrying waste.** *Construction and Building Materials,* v. 24, p. 1601-1607, 2010.