CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DAS ARGAMASSAS ESTABILIZADAS PRODUZIDAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR PELO MÉTODO DO SQUEEZE-FLOW[1]

RIBEIRO, B., Universidade Federal da Bahia, e-mail: brunoribeiro64@outlook.com; COSTA, A. R. D., Universidade Federal da Bahia, e-mail: ana.rita.d.costa@gmail.com; SILVA, V. S., Universidade Federal da Bahia, email: vanessass@ufba.br

ABSTRACT

The growth of the use of stabilized mortar has been occurring all over Brazil, as it provides an increase in productivity in the works. However the performance in the period of use, workability and consistency, has been presenting problems in the region. The objective of this study is to evaluate the fresh state properties of stabilized mortars with stabilization time of 36 and 72 hours, using mono-point evaluation methods such as consistency table tests and more complex methods, in which the application rates vary, such as the Squeeze-Flow. The results show that the stabilized mortars of 36 hours can maintain the stabilization along the time of use, different from the mortar of 72 hours that in the early ages loses its workability. We can see a correlation between the two methods used, with Squeeze-Flow presenting more complete results. The stabilized mortar produced in the region still needs more in-depth studies for its total efficiency.

***Keywords**: Stabilized mortar. Squeeze-flow. Rheology. Consistency.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Argamassa estabilizada

A argamassa estabilizada dosada em central é uma argamassa com traço comum de cimento, areia e água podendo conter ou não cal. Nessa argamassa são acrescentados aditivos com a intenção de manter as características da argamassa por um período de tempo mais elevado, entre 48 e 72 horas. Esses aditivos têm duas funções principais, retardar o início da pega, são utilizados os estabilizadores de hidratação, e manter a trabalhabilidade do material, em que são utilizados incorporadores de ar e/ou plastificantes.

1.2 Vantagens da argamassa estabilizada

Segundo Bauer (2015), A utilização da argamassa traz inúmeras vantagens quando utilizadas em obra, sendo elas:

- canteiro passa a não ter necessidade de controle, dosagem e estocagem dos insumos básicos (cimento, cal e areia);

[1] RIBEIRO, B., COSTA, A. R. D., SILVA, V. S., Caracterização reológica das argamassas estabilizadas produzidas na região metropolitana de salvador pelo método do squeeze-flow. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

- A dosagem passa a ser em massa na central de concreto, sendo que o controle dos insumos (areia, cimento) é feito na rotina da central. É possível trabalhar com precisão e regularidade quanto a dosagem dos aditivos, aspecto esse muito crítico nas dosagens em obra;
- A produtividade do canteiro aumenta, uma vez que retira-se a etapa da mistura em obra;
- Diminui a insalubridade do manuseio de cimento e cal em pó na obra.

Avaliando a argamassa estabilizada com outras argamassas, como a industrializada e a produzida em obra, concluí-se que a tecnologia e o controle utilizados em sua produção fazem a mesma ter vantagens ao longo do tempo de utilização sobre as citadas, tornando-se uma opção tecnicamente viável, contudo, ainda faz-se necessária a criação de parâmetros para a sua produção.

1.3 Parâmetros de desempenho

Baseado na norma NBR 13281:2005, Bauer (2014), definiu parâmetros de desempenho mínimos, correlacionando os valores encontrados no seu estudo com os da norma, separando em adequado ou insuficiente os valores encontrados, seguindo a tabela a seguir:

Tabela 1 - Níveis de desempenho para argamassa estabilizada proposto por Bauer

EXIGÊNCIA	NÍVEIS DE DESEMPENHO					
Resistência à compressão (Mpa)	≤ 2,0 (P1)	1,5 a 3,0 (P2)	2,5 a 4,5 (P3)	4,0 a6,5 (P4)	5,5 a 9,0 (P5)	> 8,0 (P6)
Resistência à tração na flexão (Mpa)	≤ 1,5 (R1)	1,0 a 2,0 (R2)	1,5 a 2,7 (R3)	2,0 a 3,5 (R4)	2,7 a 4,5 (R5)	> 3,5 (R6)
Resistência de aderência potencial (Mpa)	≤ 0,20 (A1)		0,21 a 0,30 (A2)		> 0,30 (A3)	
Coeficiente de capilaridade (g/dm².m)	> 10,0 (C6)	5,0 a 12,0 (C5)	3,0 a 7,0 (C4)	2,0 a 4,0 (C3)	1,0 a 2,5 (C2)	≤ 1,5 (C1)
Retenção de água (%)	≤ 72 (U1)	72 a 85 (U2)	80 a 90 (U3)	86 a 94 (U4)	91 a 97 (U5)	> 95 (U6)
Teor de ar incorporado (%)	> 15,0	10,0 a 15,0	5,0 a 10,0	< 5,0		
Variação dimensional - retração(mm/m)	> 1,2	0,95 a 1,20	0,70 a 0,94	< 0,70		

	Adequado
	Insuficiente

2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para o estudo da argamassa estabilizada foram fornecidos 2 lotes distintos do material por uma central dosadora da região metropolitana de Salvador que continham diferentes faixas de utilização, sendo um lote de 72 horas e um lote de 36 horas, todos fornecidos também a obras da região.

2.1 Propriedades no estado fresco

As propriedades no estado fresco estudadas foram: Índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado, curva de retenção de água e parâmetros reológicos (ensaio Squeeze-Flow). Sendo todas as

caracterizações realizadas no tempo inicial de utilização, assim que a película de água foi retirada. Por recomendação do fabricante houve também uma homogenização do material, sendo realizada uma mistural manual.

2.2 Índice de consistência

O índice de consistência foi avaliado conforme NBR 13276:2002. Os lotes ensaiados foram os 1, 2 e 3. Para os lotes com tempo de utilização de 36 horas, realizou – se ensaios no período correspondente ao primeiro dia e ao segundo dia de armazenamento. Nos lotes classificados como 72 horas, um terceiro dia de armazenamento foi considerado.

Figura 1 - Ensaio de consistência lote 2



Fonte: Os autores

2.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

A densidade de massa foi verificada de acordo com NBR 13278:2005 no tempo de 0 minutos de utilização, o ensaio foi realizado em todas as amostras em que foi realizado o ensaio de índice de consistência.

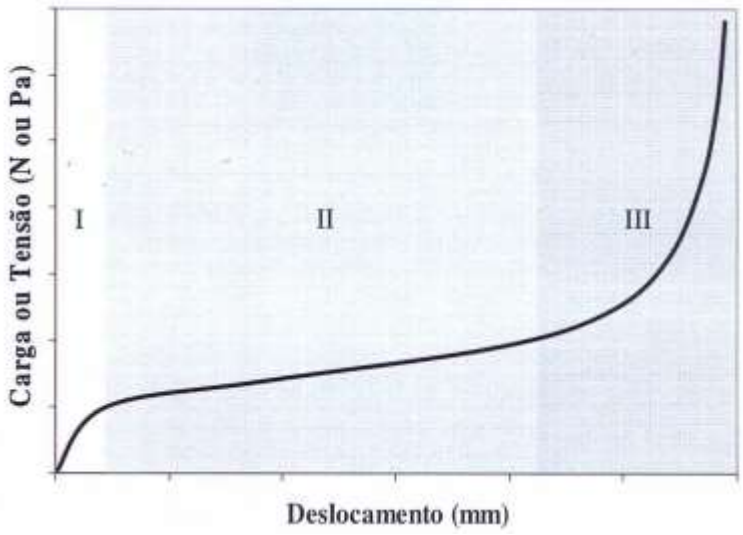
O teor de ar incorporado foi verificado de acordo com a NBR 13278:2005, foi fornecido as massas especificas dos materiais utilizados, sendo possível calcular os valores pelo método convencional.

2.4 Parâmetros reológicos (ensaio Squeeze-Flow NBR 15838:2010)

As características reológicas foram obtidas no ensaio de Squeeze-Flow ao longo do tempo de armazenagem (dia 1, dia 2 e dia 3). Neste ensaio foi utilizado um anel com 20 mm de altura e 100 mm de diâmetro interno. Foram realizados ensaios com duas velocidades de deslocamento da punção de 0,1 mm/s sobre uma superfície metálica. O ensaio era finalizado quando se atingisse o limite máximo da célula de carga (1000N) ou a amostra apresentasse uma deformação vertical de até 10 mm.

O perfil típico obtido de um ensaio squeeze-flow com controle por deslocamento apresenta 3 regiões bem definidas (CARDOSO, 2009), podendo ser visto no gráfico 1, a seguir:

Gráfico 1 - Perfil típico de um ensaio squeeze - flow



Fonte: Cardoso (2009)

No primeiro estagio, em pequenas deformações, o material comporta-se como um sólido, apresentando deformação elástica linear. No segundo estágio o mesmo flui por deformação plástica e/ou viscosa, nesta etapa o material é capaz de sofrer grandes deformações sem aumento significativo da força, sendo essa a fase mais importante para as argamassas (CARDOSO, 2009).

Já no terceiro estagio ocorre um aumento exponencial da carga necessária para prosseguir a deformação do material (CARDOSO, 2009).

3 RESULTADOS

Utilizando apenas os parâmetros fornecidos a partir da tabela de desempenho proposta por Bauer (2014), os dois lotes que foram analisados estariam adequados em função dos índices analisados, mas a realidade de utilização das mesmas não condiz com os resultados.

3.1 Propriedades no estado fresco

3.1.1 Índice de consistência

A tabela 2 mostra os índices de consistência para os lotes ensaiados e o dia de armazenamento em que foi realizado o ensaio.

Tabela 2 - Índice de consistência

	Dia 01	Dia 02	Dia 03
Lote 01 – 72h	263	191	164
Lote 02 – 36h	230	221	-

Pode-se observar que o maior índice foi o do lote 1 no dia 1, em que houve uma posterior diminuição da consistência nos dias 2 e 3 de armazenamento, o que prejudicaria a trabalhabilidade do material. O ideal para este tipo de argamassa é a manutenção das suas características por períodos prolongados, principalmente a trabalhabilidade. Sendo assim o lote 1 apresenta deficiência.

Para o lote 2, pode-se notar a pequena variação na consistência do primeiro para o segundo dia, comparando com o lote 1. Ressalta-se que as argamassas (lote 1 e lote 2) tem o mesmo traço, com diferença apenas no teor de aditivo. Há necessidade de estudos para confirmar se a variação da argamassa, de 72 horas, foi devido a quantidade de aditivos.

3.1.2 Densidade de massa, Teor de ar incorporado

Os valores de densidade de massa e teor de ar incorporado são apresentados na tabela 2 a seguir.

Tabela 3 - Densidade de massa e teor de ar incorporado

LOTE	DIA	Densidade g/cm³	Teor de ar incorporado
Lote 01	Dia 01	1,93 g/cm³	14,07%
	Dia 02	1,93 g/cm³	13,27%
	Dia 03	1,78 g/cm³	20,32%
Lote 02	Dia 01	2,10 g/cm³	5,90%
	Dia 02	1,93 g/cm³	13,55%

Os valores de densidade seguem uma tendência de decréscimo com o tempo de utilização, consequentemente o teor de ar incorporado aumentou. Essa tendência é diferente dos resultados apresentados em outros trabalhos sobre argamassa estabilizada, como em Macioski (2015), Trevisol (2015) e Kebhard (2017), cujo teor de ar aumentou.

Uma das funções do aditivo incorporador de ar é aumentar a plasticidade da argamassa. Observa-se que o teor de ar incorporado aumentou, o que, por consequência, iria elevar o índice de consistência, o que não ocorreu. Portanto, pode ter ocorrido o início das reações de hidratação do cimento. Durante os ensaios observou-se que as amostras estavam com uma temperatura mais elevada que o ambiente, podendo ter sido causada pelas reações exotérmicas da hidratação do cimento.

Esse aumento do teor de ar incorporado aconteceu pela remistura do material para homogeinização antes da utilização, procedimento recomendado pelo fabricante.

3.1.3 Parâmetros reológicos (ensaio Squeeze-Flow)

Os ensaios reológicos foram realizados para os dois lotes estudados, para o deslocamentos de 0,1 mm/s, para todos os dias de utilização possível. O gráfico 1 apresenta as características reológicas da carga versus deslocamento para os dois lotes analisados.

Gráfico 2 - Ensaio de Squeeze-Flow



Fonte: Os autores

Observa – se que à argamassa de 72h mostra uma menor plasticidade, em comparação com a de 36h, mostrado pela carga necessária para pequenos deslocamentos. Resultado que corrobora com os encontrados nos ensaios de Flow-Table.

Baseado no perfil típico utilizado por Cardoso (2015), o estágio 2, etapa em que o material pode sofrer grandes deformações sem aumento significativo da força, o que seria o ideal para o favorecimento da produtividade na aplicação de argamassas, só ocorre na argamassa de 36 h, no dia 1 de armazenamento.

A comparação dos resultados com o perfil típico utilizado por Cardoso (2015), mostra ainda, que as outras argamassas utilizadas apresentam sua maior parte dentro do estagio 3, que é caracterizado, no caso das

argamassas, como uma etapa em que há dificuldade de aplicação e acabamento do material.

Analisando o lote 1 se percebe com o passar do tempo a diminuição das cargas necessárias para a deformação do material, tendo um aumento da viscosidade da pasta e redução da capacidade plástica em manter a coesão.

O lote 2 apresenta um padrão inverso ao lote anterior, com o aumento das cargas necessárias para a deformação do material, sendo o efeito de consolidação do material o responsável.

4 CONCLUSÃO

A principal característica da Argamassa estabilizada é a manutenção das propriedades no estado fresco, principalmente a trabalhabilidade por longos períodos, a qual não foi mantida na argamassa de 72 horas.

Os parâmetros divergentes entre o lote 2 e o lote 1, podem ser causados pelo aditivo retardador de pega, já que o seu teor muda em função do tempo de estabilização pretendida.

Por fim, percebe-se que a produção e a utilização da argamassa estabilizada na região, ainda necessita de estudos que definam seus parâmetros reológicos e melhorem sua viabilidade, pois, em função da crescente tendência de otimização da produtividade na construção civil, o emprego do material poderia ocasionar grandes avanços.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland – Especificação. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **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.

BAUER, E; REGUFFE, M.; NASCIMENTO, M.L. M; CALDAS, L.R. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento.** Porto Alegre: SBTA, 2015.

BELLEI, P.; JANTSCH; A. C.; TEMP, A. L.; NUNES, G. R.; OLIVEIRA, M. D.; MOHAMAD, G. **Estudo comparativo do desempenho no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas de 36h e 72h**. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 11., 2015, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ENTAC, 2015.

CARASEK, H. Argamassas Cap. 26. In: ISAIA, G.C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico.** Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Construção Civil, 2009.

KEBHARD, J. M.; KAZMIERCZAK, C. S. **Avaliação do comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização.** XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. São Paulo, 2017.

MACIOSKI, G.; COSTA, M. M.; CASALI, J. M. **Caracterização de argamassas estabilizadas submetidas à sucção de substrato poroso.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 11., 2015, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: 2015.

TREVISOL JR., L. A.; PORTELA, K. F.; BRAGANÇA, M. O. G. P. **Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido.** XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Porto Alegre, 2015.