ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICAS, MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DE ARGAMASSA ESTABILIZADA

Tema: Tecnologia dos materiais.
Grupo[1]: 2

CAMILLA L. L. SANTOS[1]; AGOSTINHO G. MARINHO[2]; LYDIA M. BARRETO[3]; ALBERTO C. LORDSLEEM JR.[4]; YÊDA V. PÓVOAS[5]

[1]Mestranda da Escola Politécnica de Pernambuco/UPE, camilla2015lais@gmail.com
[2]Mestrando da Escola Politécnica de Pernambuco/UPE, agm@poli.br
[3]Mestranda da Escola Politécnica de Pernambuco/UPE, lmb2@poli.br
[4]Prof. Dr., Escola Politécnica de Pernambuco/UPE, acasado@poli.br
[5]Profa. Dra., Escola Politécnica de Pernambuco /UPE, yeda.povoas@gmail.com

RESUMO

As argamassas estabilizadas vêm ganhando espaço na Indústria da Construção Civil do Brasil. Com objetivo de avaliar propriedades, no estado fresco e endurecido, de uma argamassa estabilizada após 24h da sua fabricação, foram realizados os ensaios de densidade de massa e consistência, cujos valores obtidos foram de 1,73g/cm³ e 288mm, respectivamente. E ensaios de resistência à compressão e à tração na flexão, cujos valores médios e desvios foram respectivamente de 4,05±0,13MPa e 15,7±2,7MPa. As eletromicrografias registraram presença de etringita primária, entre outros. Por fim, constatou-se que a argamassa estudada se mostrou mais resistente que o adequado para fim de revestimento.

Palavras-chave: argamassa estabilizada, propriedades físicas e mecânicas, microestrutura.

ANALYSIS OF PHYSICAL, MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF STABILIZED MORTAR

ABSTRACT

Stabilized mortars have been gaining ground in Brazil's Civil Construction Industry. In order to evaluate the properties of a mortar stabilized after 24 hours in the fresh and hardened state, the mass density and consistency tests were performed, with values of 1.73 g / cm³ and 288 mm, respectively. And compressive strength and flexural tensile tests, whose mean values and deviations were respectively 4.05 ± 0.13MPa and 15.7 ± 2.7MPa respectively. Electromicrographs showed presence of primary ettringite, among others. Finally, it was found that the mortar studied was more resistant than the one suitable for finishing.

Key-words: stabilized mortar, physical and mechanical properties, microstructure.

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

A argamassa industrializada foi desenvolvida na Alemanha na década de 70, quando também foram desenvolvidos aditivos capazes de manter as características do estado fresco da argamassa por até três dias[1]. Foi trazida para o Brasil em meados dos anos 80, sendo utilizada inicialmente em São Paulo.

No Brasil, as argamassas dosadas em central passaram a ter boa aceitação pela indústria da construção, uma vez que demonstravam grande capacidade em atender às necessidades dos construtores, tais como, produção em grande escala, materiais classificados e controle tecnológico. No entanto, o uso da argamassa no Brasil ainda é baixo, se restringindo à alguns nichos de mercados regionais bem específicos[2].

Ainda existe pouco conhecimento acerca das reais propriedades das argamassas estabilizadas, também se destaca que, não há atualmente norma brasileira para regulamentar suas características ou seu desempenho, originando incertezas sobre sua qualidade.

A composição das argamassas estabilizadas é semelhante a industrializada sem a adição de cal na mistura. Sendo que a cal confere melhor plasticidade à massa, então se faz necessário o uso de aditivos incorporadores de ar para promover os mesmos efeitos de trabalhabilidade e retenção de água[3]. Sua mistura frequentemente é composta por cimento, agregado miúdo, água potável e aditivos retardador de pega e incorporador de ar.

Bragança, Portella e Trevisol[4] observaram o desempenho da argamassa estabilizada dosada em central por 48 horas, com a realização dos ensaios nos estados fresco e endurecido, e concluíram que a argamassa estudada em questão atendeu aos requisitos normativos, em todos os intervalos de tempo em que foi analisada: 4, 8, 12, 24, 36 e 48 horas. Já Macioski[5], analisando argamassas estabilizadas com 36 e 72 horas, obteve valores de retenção de água inferiores a 80% do estabelecido como limite mínimo por norma, independentemente do tempo em que foram feitas as análises. Macioski[5] observou também, em seu estudo, a influência do tempo de utilização e do tempo de armazenamento da argamassa, verificando que a trabalhabilidade foi negativamente afetada 48 horas após sua mistura.

Calçada et al.[6] também apresentaram resultados de variações na densidade de massa e teor de ar incorporado quando comparada a argamassa com 0 hora e 48 horas de armazenamento. Os autores constataram, visualmente, que no manuseio da argamassa houve uma perda sensível da trabalhabilidade, a qual pode ser evidenciada pelo menor índice de consistência e menor teor de ar incorporado, acarretando grande redução na capacidade de resistência de aderência à tração (propriedade do estado endurecido).

A pesquisa tem como objetivo avaliar as propriedades de argamassa estabilizada decorridas 24 horas da sua fabricação, contribuindo assim, com a apresentação de dados sobre a

ISSN 1984-8757

argamassa que é ainda pouco explorada quanto as suas características. Fornecendo informações sobre características físicas, mecânicas e aspectos da microestrutura.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A argamassa estabilizada utilizada na pesquisa foi coletada no momento em que chegou em obra, armazenadas em baldes plásticos com tampa e adicionada película de água de 2cm sobre a argamassa. Os ensaios de caracterização física – densidade de massa e consistência – foram realizados 24 horas após sua fabricação, assim como a moldagem dos corpos de prova prismáticos para ensaios de resistências à tração na flexão e à compressão aos 28 dias. Ambos no Laboratório de Materiais de Construção Civil da POLI/UPE.

A argamassa utilizada na pesquisa é composta de areia fina natural, cimento e 2 tipos de aditivos; especificações e propriedades são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Dados da composição da argamassa estabilizada.

Material	Valor
Cimento CPV ARI (Kg/m³)	230
Areia fina natural (kg/m³)	943
Aditivo EcoTec MIX (l/m³)	0,568
Aditivo TecNol (l/m³)	1,355
a/c	0,87
Slump (cm)	14 ±2

Fonte: Elaborada pelos autores com dados fornecidos pelo fornecedor

Tabela 2 – Propriedades dos aditivos utilizados na argamassa estabilizada.

Aditivo	Função	Aspecto visual	Ph	Massa específica (g/cm³)
EcoTec MIX (l/m³)	Plastificante estabilizador de argamassa	Líquido transparente levemente amarelado	12,5 ± 1	1,22 ± 0,02
TecNol (l/m³)	Plastificante e incorporador de ar para argamassa e concreto	Líquido castanho	12,5 ± 1	1,02 ± 0,02

Fonte: Elaborada pelos autores com dados dos fornecedores

Para caracterização física e mecânica da argamassa, através dos ensaios de densidade de massa, consistência, resistências à tração na flexão e à compressão, tanto o processo de preparação de amostras quanto de realização dos ensaios foram realizados conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Tabela 3.

Tabela 3 – Ensaios de caracterização física e respectivas normas.

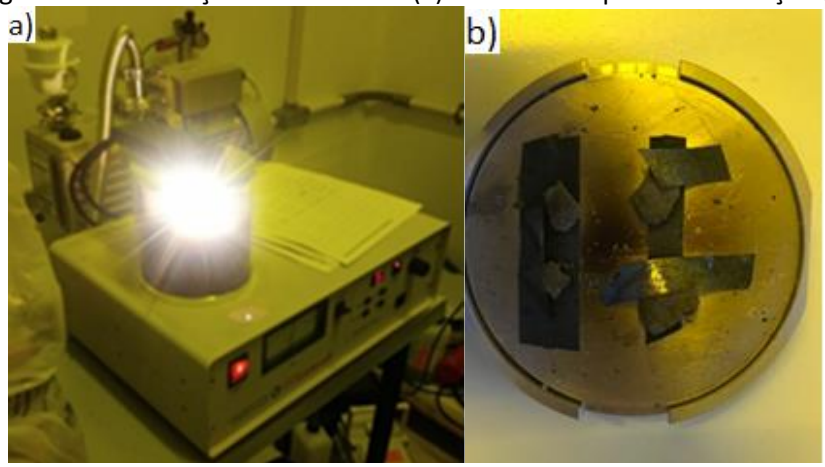
Ensaios	Normas
Densidade de massa	NBR 13278[7]
Consistência	NBR 13276[8]
Resistência à tração na flexão e à compressão	NBR 13279[9]

Fonte: Elaborada pelos autores

Além dos ensaios supracitados, foi realizada microscopia eletrônica de varredura (MEV), permitindo uma visualização microestrutural de uma amostra fraturada da argamassa obtida do corpo de prova rompido nos ensaios de resistência.

Durante a preparação, as amostras foram fixadas em um suporte metálico (com diâmetro de 75 mm e altura aproximada de 10 mm) por meio de uma fita de carbono dupla face. Em seguida, foram colocadas em uma campânula de vácuo do tipo Cres-sington Carbon Coater 108 Carbon/A para metalização, recebendo a partir disto uma película fina de carbono, Figura 1.

Figura 1 - Metalização das amostras (a) e amostras após a metalização (b)



Fonte: Autores

Após o processo de metalização, as amostras foram observadas e fotografadas no equipamento JSM 6460 Scanning Electron Microscope (SEM), de marca Jeol, no laboratório de eletrônica do Departamento de Eletrônica e Sistemas da UFPE, operando a 30 Kv.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios de caracterização física, mecânica e microestrutural, realizados com a argamassa estabilizada após 24 horas de sua preparação, serão apresentados e discutidos nas subseções seguintes.

3.1. Propriedades físicas

A partir do ensaio realizado pelo método gravimétrico, foi possível avaliar o valor da densidade de massa da argamassa com 24hs de estabilização. Na Tabela 4, pode-se observar os resultados dos ensaios no estado fresco.

Tabela 4 – Propriedades físicas da argamassa estabilizada estuda.

Propriedades Físicas	
Densidade (g/cm³)	1,73
Consistência (mm)	288,33

Fonte: Elaborada pelos autores

A densidade de massa da argamassa estabilizada apresentou uma densidade de 1,73 g/cm³. Portanto, a argamassa se classificaria, como de classe D4, conforme NBR 13278[7]

O índice de consistência é um parâmetro ligado diretamente a trabalhabilidade da argamassa. Os valores de índice não devem ser muito elevados, pois a argamassa estará muito fluida e será difícil de aplicar, e nem muito baixos, pois a argamassa não se espalhará na parede.

3.2. Propriedades mecânicas

Para o ensaio de resistência à tração da flexão foram moldados 3 corpos de prova cujos valores individuais de resistência constam na Tabela 5. A resistência média resultante é de 4,05MPa.

Tabela 5 – Resultados de Resistência à tração na flexão aos 28 dias.

Corpo de prova	Largura (mm)	Altura (mm)	Força Máxima (N)	Tensão (Mpa)
CP1	40	40	1641,07	3,85
CP2	40	40	1791,48	4,20
CP3	40	40	1751,37	4,10
Média	40	40	1727,97	4,05
Desvio Médio	-	-	57,94	0,13

Fonte: Autores

A NBR 13281[10], estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência à flexão. A argamassa estabilizada estudada no período em questão está na classe R6 (> 3MPa).

Para o ensaio de resistência à compressão axial obtêm-se 6 resultados, pois estes são oriundos das metades dos 3 corpos de prova do ensaio de flexão. Os valores individuais constam na Tabela 6. A resistência média resultante é de 15,7MPa.

Tabela 6 – Resultados de resistência à compressão aos 28 dias.

Corpo de prova	Área (mm²)	Força Máxima (N)	Tensão (Mpa)
CP1.1	1600	27464	17,2
CP1.2	1600	26672	16,7
CP2.1	1600	29660	18,5
CP2.2	1600	25378	15,9
CP3.1	1600	29255	18,3
CP3.2	1600	11979	7,5
Média	1600	25068	15,7
Desvio Médio	0	4363,0	2,7

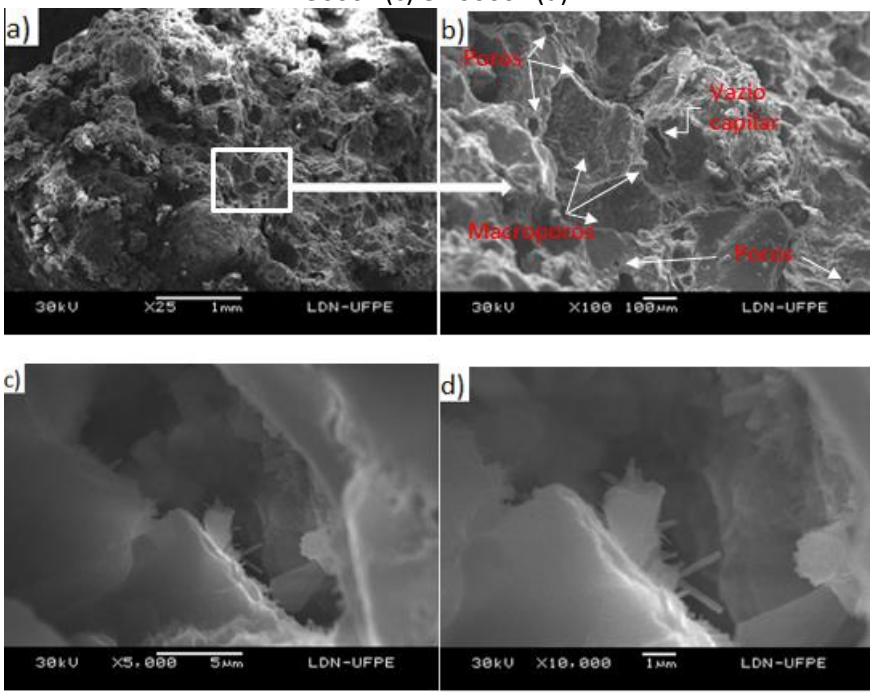
Fonte: Elaborada pelos autores

A NBR 13281[10], estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência a compressão. A argamassa estabilizada aqui estudada corresponde a classe P6 (> 8MPa).

3.3. Propriedades microestruturais

As eletromicrograficas com zoons de 25, 100, 5000 e 10000X registradas durante o ensaio de MEV são apresentadas na Figura 2 e permitem visão geral e microscópica da amostra de argamassa estabilizada.

Figura 2 - Eletromicrografias da amostra de argamassa estabilizada ampliadas em 25x (a), 100x (b), 5000x (c) e 10000x (d)



Fonte: Autores

Uma visão geral da amostra de argamassa utilizada no ensaio é mostrada na Figura 2a. Com um aumento de 100x, Figura 2b, observa-se a presença de macroporos, assim como possível vazio capilar. Esses macroporos são caracterizados pela presença de ar incorporado na argamassa, evidenciados pela sua forma esférica. O rompimento dos poros, formados pelo ar incorporado pelo aditivo, durante a fraturação da amostra permitiu a visualização dos mesmos. Vazios capilar representam espaço não preenchidos pelos componentes sólidos da pasta.[11]

A presença dos poros capilares é um potencial existente, mas deve ser pontuada também a possibilidade de ser uma microfissura provocada pelo impacto durante a extração da amostra.

Cristais prismáticos de etringita, Figuras 2c e 2d, são formados durante a hidratação do cimento anidro como produto de hidratação dos aluminatos. De acordo com a concentração do aluminato e dos íons sulfato na solução, há precipitação de cristais de trisulfoaluminato de cálcio hidratado, que em meio saturado com íons cálcio e hidroxila cristaliza-se como agulhas prismáticas designadas de acordo com a mineralogia de etringita. Devido à elevada relação sulfato/aluminato na fase aquosa no começo da hidratação, comumente é o primeiro hidrato a cristalizar-se.[11]

A disponibilidade de sulfato e aluminato na mistura, e consequentemente o volume de cristais de etringita formados, influencia fortemente nas características de trabalhabilidade. Segundo Metha e Monteiro[11], quando a concentração dos dois é baixa ocorre a pega normal, onde permanece trabalhável dentro da primeira hora, e depois desse tempo, com a ocupação dos vazios antes preenchidos com água pelos cristais de etringita, começará o processo de enrijecimento. Já com a concentração alta, a formação dos cristais também é alta, reduzindo significativamente a consistência dentro da primeira hora. Nesse último, a redução da trabalhabilidade se dá devido ao grande volume de agulhas que se formam dispostas de forma intertravadas retendo água.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se classificada, a argamassa estabilizada utilizada na pesquisa, pela NBR 13281[10] quanto: à densidade, seria classe D4 (1,6 a 2,0g/cm³); à tração na flexão, classe R6 (> 3,5 Mpa) e à resistência à compressão, classe P6 (> 8,0MPa). Com estes últimos resultados verifica-se que a mesma possui resistência elevada para fins de revestimento, o que pode ocasionar fissuras por causa da maior resistência à deformação quando solicitadas por esforços.

Através das eletromicrografias foi possível observar os vazios promovidos pelo uso do aditivo incorporado de ar, esses são caracterizados pela formação de uma película que contorna a bolha de ar, cujas tensões são altas o suficiente para impedir a entrada de agentes físicos, como a água. Também foi possível observar a presença de etringita primária.

5. REFERÊNCIAS

1. CASALI, J. M.; MANN NETO, A.; ANDRADE, D. A.; ARRIAGADA, N. T. **Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para assentamento e revestimento.** In: IX Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2011, Minas Gerais. IX Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2011.

2. PAGNUSSAT, D. T.; VIDOR, D.; MASUERO, A. B. Avaliação de Propriedades de Argamassas Estabilizadas ao Longo do Seu Tempo de Utilização. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS, 4., Coimbra, 2012. **Anais**…. Coimbra, 2012.

3. ALVES, N. J. D. **Aditivos incorporadores de ar e retentores de água. In: Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: SINDUSCON-DF; LEM-UnB, v. 1, p. 30-37, 2005.

4. BRAGANÇA, M. O. G. P; PORTELLA K. F.; TREVISOL JR., L. A. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada, dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. **Anais Eletrônicos**... Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: < http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/482>. Acesso em: 10 nov. 2018.

5. MACIOSKI, G. **Avaliação do Comportamento de Argamassas Estabilizadas para Revestimento.** Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 116 f, 2014.

6. CALÇADA, L. M.; CASALI, J. M.; OLIVEIRA, A. L.; PEREIRA, L.; SOUZA, R. A. Influência das características do molde e da superfície de contato nas propriedades da argamassa estabilizada. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. **Anais Eletrônicos**... Fortaleza: ANTAC, 2013. Disponível em: < http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/562>. Acesso em 10 nov. 2018.

7. ___. **NBR 13278:** Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de janeiro, 2005.

8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de janeiro, 2016.

9. ___. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de janeiro, 2005.

10. ___. **NBR 13281:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

11. MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto:** estrutura, propriedades e materiais. Pini, São Paulo, 1994.