

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO CIMENTÍCIAS PRODUZIDAS COM ADITIVOS QUÍMICOS PLASTIFICANTES

SILVA, C.¹; SOUSA, V.C.¹; FERREIRA, T.²; OLIVEIRA, A.M.³

¹ Estudantes do curso de engenharia civil, Campus de Tucuruí, Universidade Federal do Pará - UFPA

² Mestre em engenharia civil, Docente do curso de engenharia civil, Campus de Tucuruí, Universidade Federal do Pará- UFPA

³ Dra. em engenharia civil, Docente do curso de engenharia civil, Campus de Tucuruí, Universidade Federal do Pará- UFPA

e-mail: andriellimorais@yahoo.com.br

RESUMO

As argamassas de revestimento cimentícias têm a finalidade de proteger a edificação contra a ação de intempéries e do meio externo, além de proporcionar regularização e acabamento às superfícies. Argamassas produzidas com cal hidratada são mais plásticas, além de auxiliar o revestimento a absorver deformações e minimizar o potencial de retração e fissuração. No entanto, na cidade de Tucuruí/PA/Brasil não há oferta de cal hidratada e é comum o uso de argamassas ricas de cimento ou o uso de aditivos para conferir plasticidade as argamassas. Desse modo, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de aditivos plastificantes no comportamento mecânico de argamassas cimentícias de revestimento de paredes. Foram analisadas características no estado fresco, como índice de consistência, densidade de massa, teor de ar incorporado e retenção de água. No estado endurecido, as propriedades de absorção /permeabilidade de água, retração, resistência à compressão e resistência à compressão por tração diametral foram obtidas e avaliadas. Os resultados foram tratados estatisticamente e os dados correlacionados.

Palavras- chave: Argamassa de revestimento, aditivos plastificantes, desempenho.

INTRODUÇÃO

Segundo CARASEK⁽¹⁾ argamassas são materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidos a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água, podendo conter ainda aditivos e adições minerais.

As argamassas fabricadas atualmente geralmente utilizam como aglomerante o cimento e, em algumas regiões do Brasil, a cal juntamente com o cimento. O cimento é aglomerante hidráulico, assim chamado por possuir propriedades aglomerantes desenvolvidas pela reação dos seus componentes com a água, sua contribuição nas propriedades das argamassas está voltada principalmente para a resistência mecânica. Além disso, possui contribuição significativa para a retenção de água da mistura e plasticidade (2).

A cal é um aglomerante obtido pela calcinação de calcários (CaCO_3) ou dolomitos ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) por meio de uma reação química de decomposição térmica que dá origem à cal virgem que ao ser hidratada forma a cal hidratada (3). Suas principais funções na argamassa são promover melhor trabalhabilidade e aumentar a capacidade de absorver deformações, entretanto são reduzidas as propriedades de resistência mecânica e aderência (2).

Segundo RILEM (1982) *apud* Selmo (1989), a trabalhabilidade das argamassas é uma propriedade importante na aplicação da argamassa e resulta da conjunção de diversas outras propriedades, como consistência, plasticidade, retenção e exsudação de água, coesão interna, tixotropia, adesão, massa específica e retenção de consistência.

A plasticidade e a consistência podem ser consideradas como as principais propriedades capazes de expressar essa trabalhabilidade. De acordo com Rago e Cincotto (1997), embora estas propriedades sejam definidas, os métodos de ensaios empregados para a sua determinação, não medem e sim avaliam a trabalhabilidade, sendo seus resultados considerados apenas como valores indicativos.

As argamassas que contém cal preenchem mais facilmente e, de maneira mais completa, toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência (4).

Os benefícios da utilização da cal na argamassa são reforçados por Gallegos (2005)⁽⁵⁾:

- a cal permite aumentar a extensão de aderência;
- endurece com lentidão mantendo a argamassa elástica;
- restabelece as fissuras de maneira autógena com o decorrer de sua carbonatação.

A pouca oferta de cal, ou ainda a ausência desta em algumas regiões do país, gera a necessidade de buscar alternativas de materiais que possam substituir a cal e

desempenhar papel semelhante, conferindo às argamassas facilidade de aplicação devido a sua boa trabalhabilidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais empregados na pesquisa são os descritos a seguir:

- Cimento CP II - E 32;
- Agregado miúdo natural de origem quartzosa, com módulo de finura de 1,78 e dimensão máxima característica de e curva granulométrica apresentada na Figura 1;
- Aditivo plastificante designado neste trabalho como Aditivo A;
- Aditivo plastificante designado neste trabalho como Aditivo B;

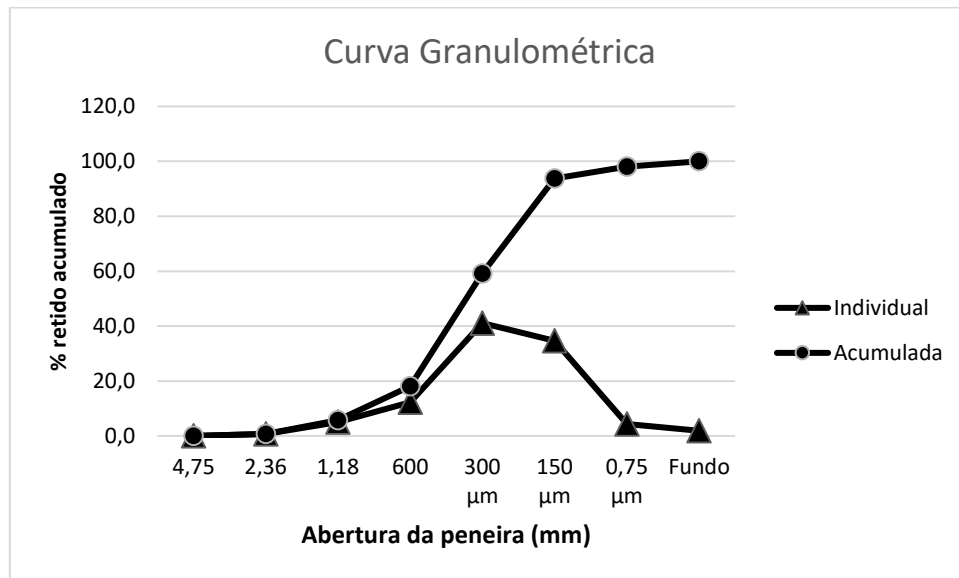


Figura 1: Curva granulométrica do agregado miúdo.

Variáveis

A variável deste trabalho foi o tipo de aditivo plastificante (A ou B), em comparação à argamassa de referência (sem aditivos). Foram preparadas três argamassas em que as suas propriedades no estado fresco e endurecido foram avaliadas.

Preparação da argamassa

A proporção dos materiais empregados foi de 1:3 em volume (cimento:areia natural), correspondendo a 1:3,75 em massa. Esta proporção é muito utilizada na região.

A relação água/materiais secos foi variável para cada argamassa, sendo ajustada para que atingir índice de consistência⁽⁶⁾ de 26 ± 1 cm, resultando em fatores água/materiais secos 0,144, 0,124, 0,119 para as argamassas de referência (sem aditivos), com aditivo A e com aditivo B, respectivamente.

Todo o preparo das argamassas tiveram seus tempos controlados e executados da seguinte forma:

- ✓ misturou-se os materiais secos (cimento e agregado miúdo) em argamassadeira por 30 segundo, a fim de se obter homogeneização;
- ✓ adicionou-se 50% da água e misturou-se por mais 30 segundos na velocidade 1 (140 ± 5 RPM);
- ✓ fez-se pausa de 50 segundos para homogeneização de possíveis materiais no fundo da cuba da argamassadeira;
- ✓ misturou-se por mais 60 segundos na velocidade 2 (285 ± 10 RPM) e adicionando-se o restante da água fracionadamente;
- ✓ Nas argamassas com aditivos, estes foram adicionados conforme recomendações do fabricante. Para o aditivo A diluiu-se o equivalente a 100 ml para 100 kg de cimento na água de amassamento e para o aditivo B, diluiu-se o equivalente a 100 ml para cada 50 kg de cimento, na água de amassamento.

A adição de água na mistura foi feita de forma fracionada, pois estudos de alguns autores como PILLEGI *et al.* ⁽⁷⁾ concluem que esse método confere à argamassa melhores propriedades como maior resistência ao cisalhamento, além de que, os mesmo citam a obtenção de concretos mais fluidos e estáveis com a adição de água de forma fracionada. Da mesma forma, CARDOSO *et al.* (S.A) ⁽⁸⁾ também concluem, por meio de testes experimentais, que a adição da água de forma fracionada gera maior eficiência na mistura e maior homogeneidade e desaglomeração da mistura, tornando-a assim mais fácil de ser aplicada.

Como citado anteriormente, a consistência adotada para todas as argamassas 26 ± 1 cm, no ensaio da mesa ABNT. A partir disso a relação água/materiais secos

foi determinada para cada argamassa a fim de se obter aproximadamente a mesma trabalhabilidade para ambas.

Métodos

Foram avaliadas as propriedades de índice de consistência (ABNT NBR 13276/2002)⁽⁶⁾, densidade de massa (NBR 13278/2005)⁽⁹⁾, teor de ar pelo método pressométrico semelhante ao concreto (NM 47/2002)⁽¹⁰⁾, retenção de água (NBR 13277/2005)⁽¹¹⁾.

No estado endurecido foram realizados os ensaios de resistência à compressão (NBR 7215/97)⁽¹²⁾ realizado nas idades de 3, 7 e 28 dias, tração devido à compressão diametral também nas três idades (NBR 7222/2011)⁽¹³⁾, capilaridade (NBR 15259/2005)⁽¹⁴⁾, absorção por imersão (NBR 9778/2005)⁽¹⁵⁾.

RESULTADOS

As propriedades obtidas no estado fresco das argamassas estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Resumo dos resultados obtidos com os testes no estado fresco nas argamassas.

Propriedade determinada	Argamassa de referência	Argamassa aditivo A	Argamassa aditivo B
Consistência (cm)	26,7	25,23	25,52
Retenção de água (%)	85,84	87,37	89,84
Teor de ar – Pressométrico (%)	6,1	8,1	7,9
Densidade de massa (g/cm ³)	2,24	2,14	2,13
Relação água/materiais secos	0,128	0,124	0,119
Relação água/cimento	0,61	0,58	0,57

A partir dos resultados, notou-se que as argamassas com aditivos incorporaram maior teor de ar pressométrico (7,9% e 8,1%), comparativamente a

argamassa sem aditivo (5,5%). Isto reflete que os aditivos plastificantes são também incorporadores de ar. Todas as argamassas foram classificadas como “A” de acordo com a NBR 13281/2005⁽¹⁶⁾.

A relação água/cimento também foi reduzida em aproximadamente 17% para as argamassas aditivadas. Essa redução de água com a mesma consistência nessas argamassas é benéfica no sentido de reduzir a evaporação de água e reduzir exsudação, retração e fissuração no revestimento. Por outro lado, não houve correlação entre o teor de ar e a massa específica das argamassas no estado fresco. Todas as argamassas apresentaram densidade superior a 2 g/cm³, a qual são classificadas como “D5” pela NBR 13281 (2005) ⁽¹⁶⁾.

A retenção de água é classificada como “U3” ⁽¹⁶⁾ para três argamassas e apresenta valores entre 80% e 90%. Não houve uma relação entre o tipo/uso de aditivos e a capacidade de reter água.

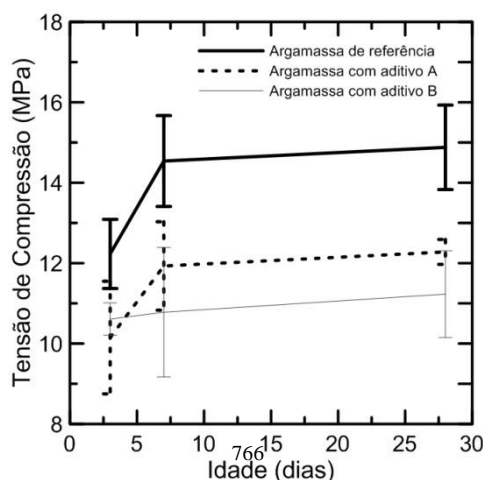
O quadro 2 e a Gráfico 1 apresentam os resultados médios de resistência à compressão axial com seus respectivos desvios padrões nas idades de 3,7 e 28 dias.

Quadro 2 – Resultados médios de resistência à compressão axial das argamassas (desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação entre colchetes) nas idades de 3,7 e 28 dias de idade.

Argamassa	$\sigma_{\text{compressão}}$ (MPa)			Módulo de elasticidade (GPa)
	3	7	28	
Referência	11,38 (0,86) [6,98]	13,99 (1,45) [9,6]	14,88 (0,94) [6,33]	
Aditivo A	10,15 (1,41) [13,9]	11,93 (1,10) [9,19]	12,58 (0,65) [5,19]	
Aditivo B	10,61 (0,40) [3,78]	11,36 (1,45) [12,45]	10,88 (1,08) [9,95]	

Valores médios de 5 testes.
 $\sigma_{\text{tração}}$ = tensão máxima correspondente à ruptura.
 E = módulo de elasticidade entre 20% e 70% da carga máxima, calculado na idade de 28 dias.

Gráfico 1 - Resultados da resistência a compressão



Os resultados obtidos indicam que a argamassa de referência apresentou resultados superiores para resistência à compressão, refletido no menor teor de ar incorporado às argamassas, em comparação as argamassas aditivadas. As argamassas aditivadas apresentaram valores próximos de resistência à compressão em todas as idades avaliadas.

Foi realizada análise estatística de variância (ANOVA) dos resultados para verificar se houve do tipo de argamassa (sem aditivo, com aditivo A e B) no teste de resistência à compressão na idade de 28 dias, ao nível probabilístico de significância de 5% ($p < 0,05$). Isso significa que se espera rejeitar a hipótese nula (H_0) 5% das vezes, quando de fato H_0 for verdadeira. O princípio da análise de variância é comparar a média e a dispersão dos dados entre grupos de amostras com a dispersão observada dentro dos grupos. Essa análise admite como hipótese nula que os valores médios de todos os tratamentos são iguais ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{crit}}$). Se $F_{\text{calculado}} > F_{\text{crit}}$ rejeita-se a hipótese nula, o que significa que pelo menos um dos valores é diferente.

Os valores de tensão indicaram que houve diferença significativa entre os tipos de argamassa nos resultados. Isso significa que as três argamassas diferem significativamente entre si ($F_{\text{calculado}} 19,462 > F_{\text{crit}} 3,89$), sendo classificadas em três grupos diferentes. A maior significância na diferença foi entre a argamassa sem aditivo e argamassa com aditivo B ($F_{\text{calculado}} 31,06 > F_{\text{crit}} 5,32$). Além disso, as argamassas podem ser classificadas como Classe P6 ($> 8,0 \text{ MPa}$), conforme a NBR 13281, 2005⁽¹⁶⁾.

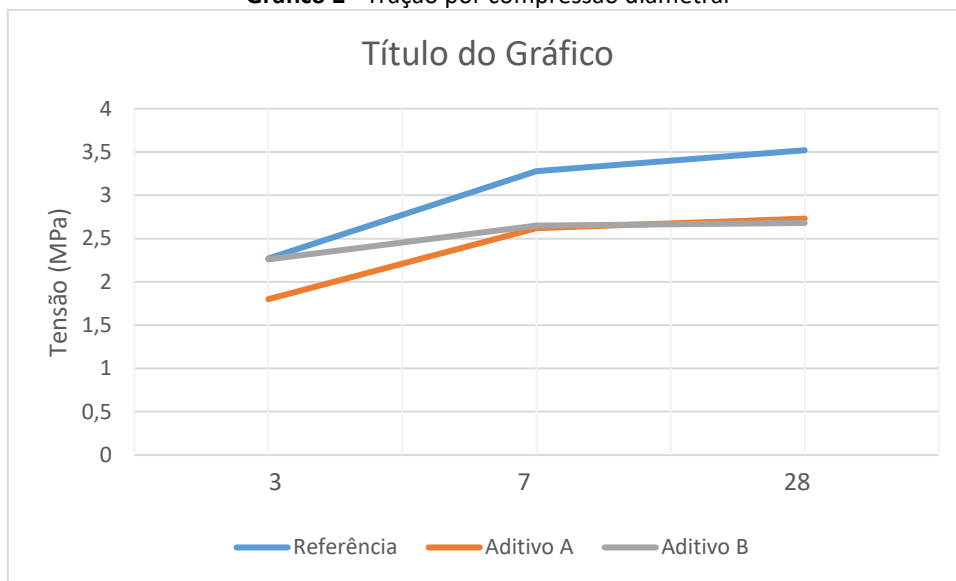
Santos (2011), em seu trabalho onde avaliou diversos traços, dentre eles o traço 1:3, semelhante ao usado neste trabalho, atingiu resistência a compressão (aos 28 dias) de $9,82 \text{ MPa}$ ⁽¹⁷⁾. Outros autores ao estudar argamassas com aditivos superplastificantes obtiveram resultados semelhantes em relação à trabalhabilidade e teor de ar incorporado: quanto maior o teor de aditivo obteve-se melhor trabalhabilidade e maior teor de ar incorporado⁽¹⁸⁾.

Os resultados dos testes de tração por compressão diametral são exibidos no quadro 3 e gráfico 2.

Quadro 3 - Resultados médios de resistência à tração por compressão diametral das argamassas estudadas (desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação entre colchetes) nas idades de 3, 7 e 28 dias.

Argamassas	$\sigma_{\text{tração}}$ (MPa)		
	3	7	28
Referência	2,27 (0,9) [3,84]	3,28 (0,15) [4,45]	3,52 (0,24) [6,90]
Aditivo A	1,80 (0,26) [14,82]	2,62 (0,26) [10,11]	2,73 (0,60) [21,92]
Aditivo B	2,26 (0,14) [6,30]	2,65 (0,41) [15,42]	2,68 (0,23) [8,62]

Gráfico 2 - Tração por compressão diametral



Para os ensaios de tração por compressão diametral, as argamassas apresentaram a mesma tendência de comportamento que os resultados de compressão, isto é, dosagem da argamassa de referência apresentou resultados significativamente superiores aos das argamassas com aditivos.

O quadro 4 mostra os resultados do ensaio de absorção por imersão, índice de vazios e massa específica.

Quadro 4 - Absorção por imersão argamassas (desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação entre colchetes).

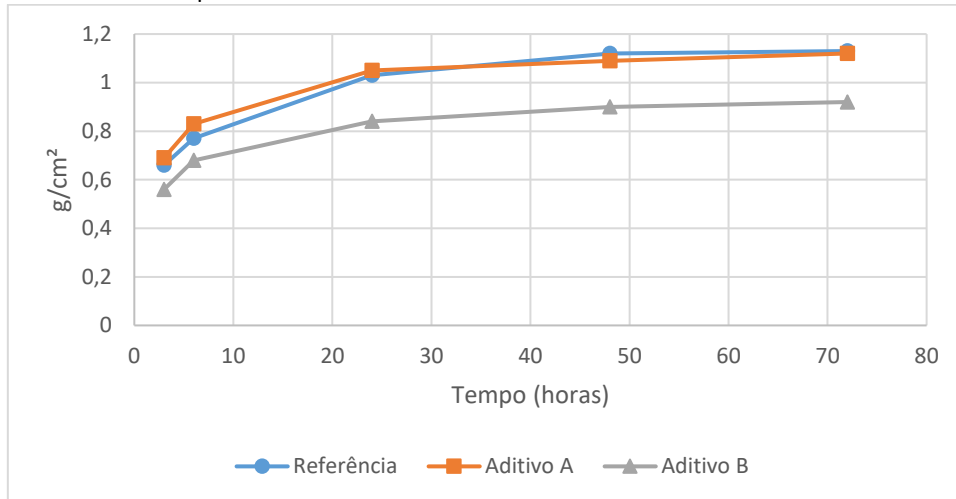
Dosagem	Absorção por imersão (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica (g/cm ³)
Referência	9,38 (0,15) [1,62]	18,49 (0,40) [2,15]	2,00 (0,01) [0,55]
Aditivo A	9,58 (0,12) [1,30]	18,60 (0,28) [1,51]	1,92 (0,01) [0,34]
Aditivo B	9,98 (0,46) [4,56]	18,71 (0,57) [3,07]	1,88 (0,03) [1,54]

Em relação à absorção por imersão, a dosagem A e B absorveram maior percentual de água. Isso acontece porque ambos os aditivos incorporaram maior percentual de ar, tendo como consequência maior índice de vazios. Por outro lado, as amostras tiveram características diferentes em relação à absorção por capilaridade, sendo que, a dosagem referência e dosagem A tiveram resultados semelhantes, enquanto que a dosagem B obteve menor índice de capilaridade, como mostra o quadro 5 e o gráfico 3. SANTOS, obteve valores próximos no ensaio de absorção por imersão para o traço 1:3, com valor de 10,09% ⁽¹⁷⁾.

Quadro 5 - Absorção por capilaridade argamassas (desvio padrão entre parênteses e coeficiente de variação entre colchetes)

Tempo (horas)	Absorção (g/cm ²)		
	Referência	Aditivo A	Aditivo B
3	0,66 (0,06) [8,44]	0,69 (0,03) [4,19]	0,56 (0,20) [35,40]
6	0,77(0,08) [10,83]	0,83 (0,04)[5,17]	0,68 (0,23) [33,37]
24	1,03 (0,13) [12,57]	1,05 (0,04) [3,98]	0,84 (0,22) [26,50]
48	1,12 (0,19) [17,32]	1,09 (0,05) [4,50]	0,9 (0,23) [25,77]
72	1,13 (0,18) [15,77]	1,12 (0,08) [6,99]	0,92 (0,23) [24,73]

Gráfico 3 - curva índice de capilaridade



A figura 2 mostra a distribuição de água no interior dos corpos de prova submetidos à absorção por capilaridade.

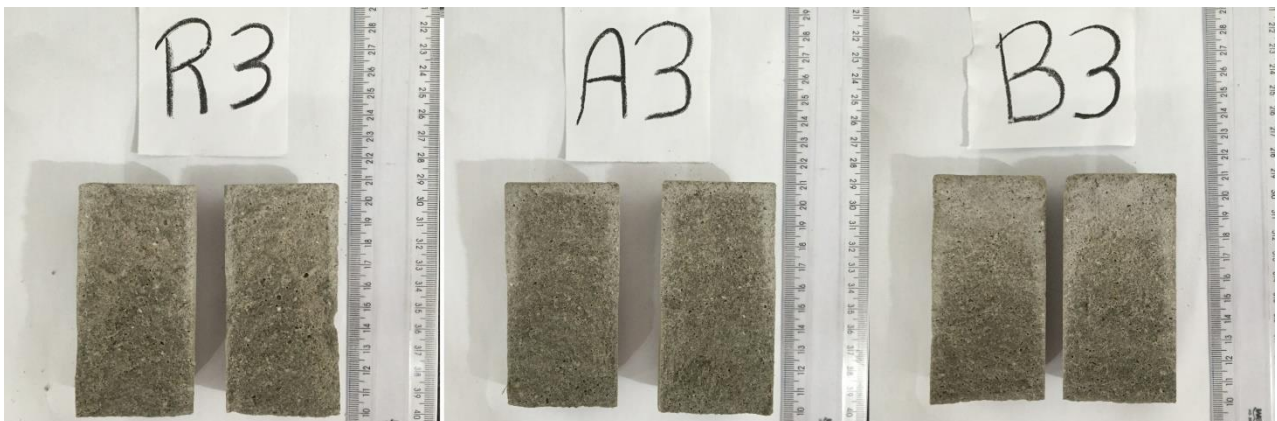


Figura 2 – Distribuição de água no interior dos corpos de prova submetidos à absorção por capilaridade: Referência (R3), Aditivo A (A3) e Aditivo B (B3).

CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou resultados e análises preliminares das propriedades de argamassas dosadas com aditivos plastificantes em comparação à argamassa dosada sem aditivos no estado fresco.

As argamassas aditivadas apresentaram melhor aparência e menor aspereza, aumentaram o teor de ar pressométrico e diminuíram o consumo de água e mantiveram boa trabalhabilidade, conforme esperado.

No estado endurecido a argamassa de referência obteve melhores resultados na resistência a compressão e tração devido à compressão diametral, entretanto as argamassas aditivadas também obtiveram desempenho satisfatório. No teste de absorção por imersão as argamassas aditivadas absorveram mais água, enquanto que para o teste de capilaridade a argamassa B obteve melhor desempenho.

Portanto, podemos concluir que, apesar de a argamassa sem aditivos ter obtido desempenho superior em alguns dos testes realizados, todas as argamassas testadas possuem bom desempenho para o uso de acordo com a NBR 13281⁽¹⁶⁾.

AGRADECIMENTOS

Ao SHOPPING MAIS MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO, a BR MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, ao MC AZULÃO, ao VALE AZUL MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO e a Francirene Bonfim e Rômulo Santos.

REFERÊNCIA

1. CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil**.
2. Associação Brasileira De Cimento Portland (ABCP). Manual De Revestimentos De Argamassa.
3. CINCOTTO, M. A. **Patologia das Argamassas de Revestimento: Análise e Recomendações**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo, 1989.
4. Carasek, H., Cascudo, O. & Scartezini, L. M. **Importância Dos Materiais Na Aderência Dos Revestimentos De Argamassa**. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas, 4o, Brasília/Df, 2001.
5. Gallegos, H.; Casabonne, C. **Albañilería Estructural**. Peru: Fondo Editorial, 2005. Tercera Edición .
6. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio De Janeiro, 2002.
7. Pileggi, R.G., Studart, A.R., Gallo, J., Pandolfelli, V.C. **How Mixing Affects The Rheology Of Refractory Castables, Parts I And Ii**. American Ceramic Society Bulletin. V. 80 (6) P. 27-31, (7) P. 38-42, 2001.

8. Cardoso, F. A.; Campora, F.L; Pillegi, R. G.; John, V. M. **Influência Do Tipo De Mistura No Comportamento De Argamassas Avaliadas Por Squeeze-Flow.**
9. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado.** Rio De Janeiro, 2005.
10. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 47: Concreto – Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressométrico.** Rio de Janeiro, 2002.
11. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água.** Rio De Janeiro, 2005.
12. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – determinação de resistência à compressão.** Rio De Janeiro, 1997.
13. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.** Rio De Janeiro, 2011.
14. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 15259: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação de absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.** Rio De Janeiro, 2005.
15. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio De Janeiro, 2005.
16. Associação Brasileira De Normas Técnicas. **NBR 13281: Argamassa Para assentamento e Revestimento de paredes e Tetos – Requisitos.** Rio De Janeiro, 2005.
17. Santos, W. J.; **Argamassa de alto desempenho.** Faculdade de Engenharia da UFJF. Juiz de Fora, 2011.
18. Mattana, A. J.; Pereira, E.; Costa, M. R. M. **Influência dos constituintes do revestimento de argamassa sobre as suas propriedades reológicas.** Ponta Grossa. Jan/Jun 2013. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas>>

EVALUATION OF DURABILITY AND PERFORMANCE ON CEMENT MORTAR COATING PRODUCED WITH CHEMICAL ADDITIVES PLASTICIZERS

Cement mortar coating are intended to protect the building against the action the weather and the external environment, and provide regulation and finishing the surfaces. In much country's part there is supply of hydrated lime, which is intended to agglomerate, confer plasticity to mortars, help the coating to absorb deformation and minimize shrinkage and cracking. However, in some regions of the country there is no supply of hydrated lime. Thus, this work aims to study the performance of cement mortar lining walls, produced with and without the addition of plasticizing additives. they were evaluated characteristics in the fresh state as consistency index, mass density, entrained air content and water retention. In the hardened state, the absorption / water permeability, shrinkage and tensile strength in bending were obtained and evaluated. The results were statistically analyzed and correlated data.

Key-words: Mortar coating, plasticizing additives, performance.