Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ARGAMASSAS DE SOLO-CIMENTO PARA REABILITAÇÃO DE REVESTIMENTO DE CONSTRUÇÕES COM TERRA

A.P.S. MILANI
Profa.Dra.Eng.Civil
UFMS
MS; Brasil
ana.milani@ufms.br

F.G.R. DIAS
Graduanda Eng.Civil
UFMS
MS; Brasil
flaviagrdias@gmail.com

RESUMO

Para o resgate do uso das construções com terra, bem como sua manutenção e restauração foi estudado argamassas compostas de solo, cimento e aditivos; e seu comportamento físico-mecânico quando utilizadas para a reabilitação de revestimento de paredes de terra. Os traços de argamassas de solo-cimento foram caracterizados a partir dos ensaios de resistência a compressão simples, retenção de água e resistência de aderência à tração e fissuração. As argamassas de solo-cimento que usam a proporção de solo arenoso igual ou menor que 1:5 no traço cimento:solo apresentam potencialidade de aplicação como revestimento de parede, no entanto, para melhorar sua trabalhabilidade e desempenho físico-mecânico deve-se utilizar aditivos como a cal hidratada na proporção máxima de 1:0,5:X no traço cimento:cal:solo ou o incorporador de ar no teor ótimo de 0,4% em relação ao cimento.
Palavras-chave: cal hidratada, incorporador de ar, aderência

ABSTRACT

To rescue the use of earth construction, as well as its maintenance and restoration, it was studied mortars composed of soil, cement and additives; and their physical - mechanical behavior when used for the rehabilitation of earth walls coating. Various proportions of soil-cement mortars were characterized from tests of compression strength, water retention, tensile bond strength and cracking. The soil cement mortars using the ratio equal or less than 1:5 (cement:soil) have potential application as wall coverings, however, to improve its workability and physical-mechanical performance, it must be used additives such as hydrated lime in a maximum ratio of 1:0:X (cement:lime:soil), or the air-incorporating additive at the optimum content of 0.4 % compared to the cement.
Keywords: hydrated lime, air-incorporating, bonding

1. INTRODUÇÃO

Apesar do crescimento do uso do solo-cimento como material de construção civil, não há especificação técnica suficiente para estabelecer parâmetros de consumo do produto a níveis de mercado, no que se trata de dimensões, dosagem, composição ou para as diversas formas de aplicação (blocos, tijolos, parede monolítica) e muito menos com relação às argamassas a serem aplicadas para revestimento como para reabilitação destas paredes. Além da falta de especificação dada em norma, há pouco estudo do meio científico com relação ao emprego das argamassas de solo-cimento como revestimento, sendo mais disseminadas as argamassas mistas de solo-cal aérea para proteção e conservação de construções em terra [1] e [2].

Conforme [3], um dos grandes entraves para o uso do solo como agregado em argamassas cimentícias esta pela presença em grandes proporções de material fino silte e argila, aos quais influenciam na homogeneização e trabalhabilidade das misturas durante seu estado fresco, bem como no processo de fissuração e redução da resistência mecânica quando aplicado como revestimento de paredes.

No entanto, para melhor compatibilidade físico-mecânica entre o sistema de proteção exterior e o suporte de terra, o material solo como agregado na argamassa de revestimento pode se tornar o material apropriado para o bom desempenho frente à deformabilidade das paredes de terra, pois o revestimento e o substrato compostos por solo tem a tendência de apresentar baixos módulos de elasticidade [4].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A argamassa de revestimento, além de contribuir para a estética de uma edificação, tem outras funções tais como: proteger a estrutura da ação direta dos agentes agressivos, promover o isolamento termo-acústico e a estanqueidade à água e aos gases, servir de base regular e adequada para o acabamento final como pintura ou aplicação de cerâmicas e pastilhas. No entanto, a fissuração em revestimentos de argamassas é muito comum, principalmente nas fachadas externas dos edifícios. Este tipo de manifestação patológica, além de comprometer a estética da edificação, torna os revestimentos vulneráveis às infiltrações de água e gases provocando sérias deteriorações, comprometendo a sua durabilidade [5].

Considerando tais premissas, definiram-se algumas características que as argamassas de substituição devem possuir para a reabilitação de construções em terra, visto que em Portugal é comum o uso de revestimentos de proteção exterior em paredes de taipa compostos tradicionalmente por cal, terra e areia, e produzidos no local de aplicação [4]. Segundo os autores, superiores valores de resistência à compressão dos revestimentos em relação aos seus respectivos suportes acabam gerando tensões excessivas na interface e perda de aderência, fendilhação e destacamento laminar dos revestimentos; assim como a reduzida presença de ligante de cal nas argamassas, traduzida por percentagens elevadas de resíduo insolúvel poderá significar a presença de ligantes de natureza distinta, de base argilosa, que justifica altas taxas de absorção de água por contato e baixa durabilidade do suporte de aderência.

Diversos estudos têm apontado a utilização de argamassas de cal aérea como sendo uma solução adequada e compatível para a execução de revestimentos para reabilitação de prédios antigos; no entanto, a sua utilização é difícil em ambientes que se encontrem permanentemente úmidos e em locais com acesso limitado de dióxido de carbono. Além disso, implicam mão-de-obra com certo grau de especialização. Assim, se faz necessário estudo das argamassas compostas por aglomerantes hidráulicos, no que tange ao estabelecimento de proporções adequadas dos seus componentes aditivos químicos, sua resistência mecânica e durabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Solos classificados como arenosos, ou seja, 100% dos grãos do solo passando na peneira de malha 4,8 mm, e 10 a 50% passando na peneira de malha 0,075 mm; limite de liquidez menor ou igual a 45% e índice de plasticidade menor ou igual a 18%, apresentam potencialidade de estabilização química com cimento Portland.

O solo utilizado nesta pesquisa foi oriundo de uma jazida da cidade de Campo Grande-MS. Este solo foi seco em estufa a 105ºC, destorroado e peneirado na peneira de malha 4,8 mm. Após caracterização física e determinação dos índices físicos, este solo foi classificado, segundo critérios da AASHTO, como A2-4, apresentando composição granulométrica de 66% de areia, 34% de finos (argila + silte); e Índice de Plasticidade Não-Plástico (NP). Este solo foi intitulado na pesquisa como solo areno-argiloso.

Com o intuito de verificar o comportamento de variedades de solos classificados como arenosos, realizou-se a estabilização granular do solo areno-argiloso substituindo 30% da composição deste solo por areia natural lavada, a qual foi retirada de uma jazida próxima a Campo Grande – MS e classificada como areia fina com módulo de finura de 1,21. Após caracterização física e determinação dos índices físicos, a composição 70% de solo + 30% de areia foi classificada e intitulada para o presente estudo como solo areno, apresentando composição granulométrica de 82% de areia, 18% de finos (argila + silte); e Índice de Plasticidade Não-Plástico (NP).

As argamassas de solo-cimento foram confeccionadas com o cimento CPII Z32, e para melhorar a trabalhabilidade destas argamassas foram adicionadas o aditivo cal hidratada do tipo CH I e o aditivo químico incorporador de ar à base resina vegetal, comumente encontrada no mercado da construção civil.

Na primeira etapa da pesquisa foi realizado o estudo de dosagem para verificação do comportamento do tipo e proporção de solo nos traços das argamassas de solo-cimento quando adicionados de diferentes teores dos aditivos cal hidratada e incorporador de ar.

Para o estudo de dosagem das argamassas de solo-cimento, o cimento e o índice de consistência foram fatores fixos e, portanto, a dosagem se resumiu em variar no traço 1: a: x (cimento: aditivo : solo, em massa): a quantidade do aditivo cal hidratada nas proporções de ½, 1 e 2 ; o teor do aditivo incorporador de ar nos valores de 0,4% e 0,8% em relação ao cimento; e as proporções de solo em 4, 5, 6,5, 7,5 e 10, aos quais foram classificados nos grupos de traços ricos (4 e 5), mediano (6,5) e pobres (7,5 e 10).

Também se variou a quantidade de água adicionada as misturas, gerando relações de água/cimento em conformidade com o alcance do índice de consistência, a qual considera que argamassas contendo argilominerais para aplicação como

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

revestimento devem apresentar diâmetro de espalhamento no valor de 260 mm + 10 mm no ensaio de determinação de índice de consistência de argamassas cimentícias [6]. Assim, adotou-se para as argamassas de solo-cimento diâmetro médio de abertura de espalhamento próximos a 255 mm durante a determinação do índice de consistência [7].

Alcançada a consistência plástica com abertura de espalhamento de 255 mm das argamassas de solo-cimento, foi moldado corpos de prova cilíndricos com dimensão de ø100x200mm, e, após 48h, foram desmoldados e levados para câmara úmida para posterior realização do ensaio de resistência à compressão axial nas idades de 7 e 28 dias.

Para a segunda etapa, após aplicação de tratamento estatístico, foram escolhidas as argamassas de solo-cimento que obtiveram valores mínimos de resistência à compressão simples de 4 MPa aliado as indicações prescritas por [3] e [6] como valores mínimos de consumo de cimento por m³ de argamassa para determinado tipo de aplicação; menor consumo de teor de aditivo para evitar o aumento de pulverulência e a redução da resistência a aderência no substrato; e capacidade de retenção de água superior a 75% para interferir minimamente no processo de acabamento, na retração plástica e na resistência mecânica final destas argamassas.

Para a determinação da aderência da argamassa ao substrato foi construída uma parede de alvenaria medindo 1,70 x 0,80 m com blocos vazados de solo-cimento. Os blocos de solo-cimento foram caracterizados a partir da confecção de mini-painéis compostos por 3 blocos assentados. Tanto os mini-painéis como a parede foram assentados com argamassa mista de cimento:cal:solo, no traço 1:0,35:6,5 (em massa) e a/c: 1,88, conforme indicações [8] e [9].

As argamassas de revestimento de solo-cimento foram misturadas e aplicadas na parede manualmente por um pedreiro experiente em camada única, formando painéis com dimensões de 42 x 80 cm e espessura de 2,8 cm para cada traço de argamassa de solo-cimento, atendendo a margem sugerida para revestimento externo (faixa de 2 a 3 cm) [10]. Ao término da aplicação, os revestimentos foram cobertos por lona plástica durante 28 dias, evitando a incidência direta de raios solares e dos efeitos da chuva. O ensaio de aderência à tração foi realizado, salvo a fixação de apenas 6 pastilhas em cada revestimento, coladas com epóxi de baixa viscosidade, por 48 horas [11].

3. RESULTADOS

3.1 1ª Etapa – Estudo de dosagem

Os resultados do estudo de dosagem das argamassas de solo-cimento estão demonstrados na Figura 1, a qual estipulou diâmetro de abertura de espalhamento do índice de consistência no valor de 255 mm; e relacionou os traços rico, mediano e pobre com seus correspondentes valores de resistência à compressão simples aos 28 dias de idade.

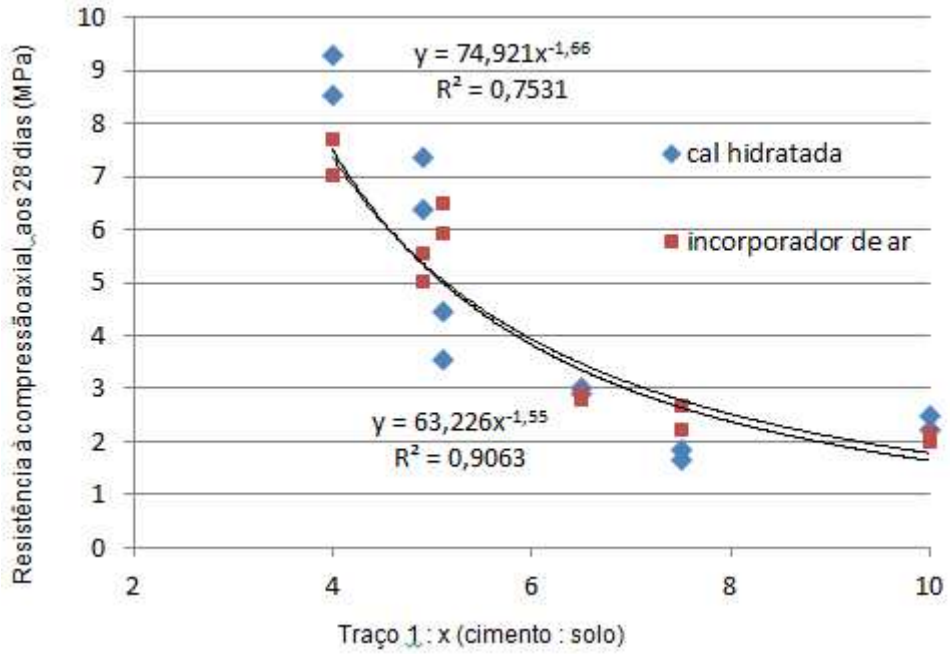

Figura 1: Relação entre teor de solo no traço da argamassa x resistência à compressão simples aos 28 dias

Conforme Figura 1, independente do tipo de solo, tanto as argamassas adicionadas de cal como as argamassas adicionadas de aditivo químico apresentaram decréscimo significativo dos valores de resistência à compressão simples conforme o aumento do teor de solo presente no traço. Também se observa que independente do tipo de aditivo utilizado nas argamassas de solo-cimento; os traços classificados como rico, mediano e pobre apresentaram resistência mecânica semelhantes entre si.

No entanto, houve a influência significativa da quantidade de cal introduzida nas argamassas, traduzida por um menor índice de correlação (R^2 = 0,75) entre teor de solo na dosagem da argamassa e o ensaio de compressão axial. Comparando-se os traços das argamassas de cimento: cal: solo com a mesma proporção de solo, a dosagem com menor teor de cal levou a maiores valores de resistência mecânica do que os traços com maior quantidade de cal; fato este devido a maior superfície especifica do aditivo cal, a qual irá diminuir a contribuição para reações cimentantes.

Já a influência da incorporação do aditivo químico na relação água/cimento não apresentou diminuição significativa da água na mistura solo-cimento quando se dobrou a quantidade do aditivo e, consequentemente, não interferiu nos valores de resistência mecânica das argamassas adicionadas com diferentes teores de aditivo incorporador de ar, tendendo ao valor de 0,4% de aditivo químico ser suficiente para proporcionar trabalhabilidade e resistência mecânica as argamassas de solo-cimento.

Ainda na Figura 1 tem-se diminuição significativa de resistência mecânica quando os teores de solo nas argamassas variam entre traço rico e traço mediano, ficando aproximadamente entre os valores de 8 a 4 MPa de resistência média a compressão simples. Já a partir da dosagem de 1:6 (cimento: solo), as resistências mecânicas tendem a se estabilizar , ficando os traços pobres com valores de resistência média a compressão simples entre 3,5 a 1,5 MPa.

3.2 2ª Etapa – Caracterização físico-mecânico

Após a aplicação de tratamento estatístico e classificação por meio de critérios mínimos estabelecidos no presente estudo, os traços utilizados para serem aplicados como revestimento de paredes de alvenaria de blocos de solo-cimento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Traços de argamassa de solo-cimento aplicados como revestimento de parede.

Traços (em massa)	Cimento	Cal	Solo	Areia	Aditivo incorp. ar	Relação a/c	Consumo cimento (kg/m³)	Classe do traço
Arenoargiloso + Cal 1/2	1	0,6	3,80	-	-	1,03	295	Rico
Arenoargiloso + Cal 1	1	1,2	5,07	-	-	1,98	217	Mediano
Areno + Cal 1/2	1	0,6	2,66	1,14	-	1,14	290	Rico
Areno + Cal 1	1	1,2	3,55	1,52	-	1,80	205	Mediano
Arenoargiloso + aditivo	1	-	5,07	-	0,4	1,05	255	Mediano
Areno + aditivo	1	-	3,55	1,52	0,4	1,00	260	Mediano

A aderência é uma característica fundamental para garantir o bom desempenho da argamassa de revestimento, visto que é extremamente solicitada por esforços de cisalhamento e tração e não recebe cargas externas compressivas significantes [5]. A Tabela 2 apresenta os resultados do ensaio de aderência, onde pode-se verificar que apenas o traço arenoargiloso + ½ Cal pode ser utilizado como argamassa de revestimento externo ou interno e os traços arenoargiloso+aditivo e areno+aditivo podem ser utilizados apenas como argamassa de revestimento interno, resultados estes classificados em conformidade com norma[10].

Quanto ao tipo de ruptura no ensaio de aderência, as argamassas que atenderam aos requisitos da norma para sua aplicação como revestimento apresentaram em sua maioria rupturas classificadas como B, o que são rupturas do tipo coesivas, ocorrendo no interior da argamassa. Logo, não reflete significativa importância, pois não apresenta potencial para ocorrência de manifestações patológicas [3].

Na Tabela 2, nota-se que os traços de argamassas com solo+areia+cal apresentaram significativos valores inferiores de resistência de aderência a tração em relação aos demais revestimentos. A cal hidratada reage quimicamente com as ilitas e montmorinolitas presentes nas partículas de argila do solo, resultando na estabilização do conjunto solo-cimento-cal; ao passo que a adição de areia ao solo irá diminuir quantidade de argilominerais a serem estabilizados e aumentar o teor de material fino advindo da cal, o que acarreta no aumento da retração do material final e na menor aderência da argamassa ao substrato. Esta ocorrência também é corroborada no resultado apresentado pelo traço de argamassa de solo com maior teor de cal (arenoargiloso + cal), apontando para um limite de cal hidratada a ser adicionada no solo para ganhos de trabalhabilidade sem afetar no desempenho mecânico das argamassas de solo-cimento adicionadas de cal [12].

Já as argamassas adicionadas de aditivo químico apresentaram resistência de aderência à tração suficiente para sua aplicação, mas com valor inferior as argamassas de solo adicionadas de cal, fato este, segundo [13], pelo aumento do teor de ar incorporado proporcionado pelo aditivo químico, a qual diminui a superfície de contato do revestimento com o substrato e por consequência a resistência de aderência à tração.

Também se corrobora a compatibilidade mecânica entre o sistema de proteção de solo-cimento e o suporte de terra, pois os painéis de blocos de solo-cimento apresentaram valor médio de resistência à compressão simples de 8 MPa e desvio padrão de 0,4 MPa; valores estes de resistência axial semelhantes aos encontrados para as argamassas de solo-cimento que apresentaram bom desempenho de aderência à tração ao substrato.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de resistência de aderência à tração

Traço	Umidade (%)	Pastilha	Resistência de aderência à tração (MPa)	Tipo de ruptura*
Arenoargiloso + Cal ½	4,2	1	-	-
		2	0,41	B
		3	0,10	E
		4	0,83	D
		5	0,63	B
		6	0,58	B
Arenoargiloso + Cal 1	4,3	1	0,26	D
		2	0,24	B
		3	0,06	D
		4	0,05	B
		5	0,03	B
		6	0,03	B
Areno + Cal 1/2	4,3	1	0,06	D
		2	0,07	B
		3	-	-
		4	0,04	C
		5	0,10	B
		6	0,11	A
Areno + Cal 1	4,7	1	0,20	B
		2	0,02	B
		3	0,17	D
		4	0,06	B
		5	0,01	D
		6	-	-
Arenoargiloso + Aditivo	3,9	1	0,23	B
		2	-	-
		3	0,22	B
		4	0,24	B
		5	0,25	B
		6	0,11	B
Areno + Aditivo	3,7	1	0,20	D
		2	0,20	B
		3	0,04	B
		4	0,33	D
		5	0,13	E
		6	0,15	E

* A – Ruptura no substrato; B – Ruptura na interface substrato/argamassa; C – Ruptura na argamassa; D – Ruptura na interface cola/argamassa; E – Ruptura na interface cola/pastilha. Quando a argamassa rompe antes mesmo da aplicação da carga inicial de posicionamento (30 KN) o ensaio foi considerado inválido e representado por "-"[11].

4. CONCLUSÃO

A utilização de argamassas de solo-cimento para revestimento de paredes de terra é uma alternativa viável, cuja conservação tenha que ser garantida em meios agressivos ou em obras de reabilitação localizadas em ambientes úmidos ou em contato direto com a água. Argamassas de solo-cimento que usam a proporção de solo arenoso igual ou maior que 1:6 no traço cimento:solo não apresentam potencial de uso como revestimento de paredes de terra. Já as argamassas de solo-cimento que usam a proporção de solo arenoso igual ou menor que 1:5 no traço cimento:solo obtiveram resultados satisfatórios para o alcance das normativas de aplicação como revestimento de parede de terra. Para melhorar a trabalhabilidade e desempenho físico-mecânico das argamassas de solo-cimento deve-se utilizar aditivos como a cal hidratada na proporção máxima de 1:0,5:X no traço cimento:cal:solo e incorporador de ar no teor ótimo de 0,4% em relação à massa de cimento.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

6. REFERÊNCIAS

[1] RODRIGUES, *R. Caderno de conservação preventiva e preservação arquitetônica*. Rio de Janeiro: Instituto Cultural Cidade Viva. 2008. 60 p.

[2] KANAN, M. I. *Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal*. Brasília: Iphan / Programa Monumenta, 2008. 172p.

[3] CARASEK, H. "Argamassas". In: ISAIA, G, C.(Ed.) *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais: Argamassas*. São Paulo: IBRACON, 2007,2v, cap. 26, p. 863-904.

[4] MATEUS, L. P.; VEIGA, M. R.; de BRITO J. "Caracterização de argamassas de protecção exterior de suportes em terra compactada". In: XIII Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção. 2015. Portugal. Anais. Portugal: ALCONPAT, 2015. Cdrom.

[5] SILVA, N. G. "Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica". Florianópolis, 2011. 329p. Tese Doutorado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

[6] GOMES, A. O. ; NEVES, C.M. M. "Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais". In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas., 2001. Brasilia. Anais. Brasilia: PECC/ANTAC, 2001. P. 291 – 304.

[7] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13276: "Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência". Rio de Janeiro, 2005.

[8] GRANDE, F. M. "Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa". 165p., Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

[9] FERREIRA, G. C. S.; JÚNIOR, A. L. M. "Cola à base de PVA e argamassa de solo-cimento como alternativas para o assentamento de alvenaria de tijolos maciços de solo-cimento". Jaboticabal, 2011, v.31, n.2, p.237-248.

[10] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13749: "Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação". Rio de Janeiro, 2005.

[11] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13528: "Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração". Rio de Janeiro, 2005.

[12] BARBOSA, N. P. ; MATONE, R. ; SWAMY, R. N. (2007). "Potentialities of Earth Construction in Latin – America". *International Symposium on Earthen Structures*. Bangalore. India : B V Venkatarama Reddy, vol. 1., 29-37.

[13] ALVES, N. J. D. "Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento". Brasilia, 2002, 175 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília.