AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO MECÂNICO E DA RETRAÇÃO DE ARGAMASSAS DE TERRA COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIÉSTER

Evaluation of Mechanical Performance and Retraction of Earth Plasters with Polyester Fibers

Aiyane Yukari Yamashita da Silva
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Apucarana, Paraná | aiyaneyukari@hotmail.com

Augusto Montor de Freitas Luiz
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Apucarana, Paraná | augustom@utfpr.edu.br

Sarah Honorato Lopes da Silva Tamura
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Apucarana, Paraná | sarahh@utfpr.edu.br

Resumo

Este estudo tem por objetivo avaliar a utilização de terra para argamassa de revestimento, com a inserção de fibras de poliéster provenientes da indústria têxtil, sem adição de areia. A terra empregada apresenta textura argilo-arenosa e as argamassas foram formuladas sem adição de fibras e em teores de 0,1%, 0,2% e 0,3%, analisando propriedades físicas e o desempenho mecânico. Os resultados mostram que tanto a retração quanto as propriedades mecânicas avaliadas não atingiram os valores mínimos recomendados pela norma DIN 18947, indicando que esta terra precisa ser estabilizada para ser utilizada em revestimentos argamassados.

Palavras-chave: Reboco de Terra; Biocontrução; Sustentabilidade; Técnica vernácula.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the use of earth for coating mortar, with the insertion of polyester fibers from the textile industry, without adding sand. The soil used has a sandy clay texture and the plasters were formulated without adding fibers and in contents of 0.1%, 0.2% and 0.3%, analyzing physical properties and mechanical performance. The results show that both the retraction and the mechanical properties evaluations do not reach the minimum values recommended by DIN 18947, indicating that this earth needs to be stabilized to be used in plasters coatings.

Keywords: Earthen plasters; Bioconstruction; Sustainability; Vernacular technique.

1 INTRODUÇÃO

As argamassas, indispensáveis na construção contemporânea, são compostas por aglomerantes que podem ser principalmente cimento, cal ou gesso. O problema destes aglomerantes inorgânicos é que eles demandam alta eficiência energética em seus processos produtivos. Além da alta demanda energética, há também as emissões de gases do efeito estufa na produção de cimento e cal, no processo de decomposição de carbonatos, principalmente o calcário.

Diante dos expressivos impactos dos materiais de construção civil, uma alternativa que atende aos quesitos de material sustentável é a argamassa de terra, tema ainda pouco difundido na comunidade científica em termos mundiais. Há apenas uma norma em todo o planeta, segundo Faria e Lima (2018), que regulamenta os requisitos e métodos de ensaio desse tipo de argamassa, a norma alemã DIN 18947 (2018). Em Portugal, há importantes pesquisas dentro dessa temática, a título de exemplo, obras dos autores Lima, Correia e Faria (2016), Lima e Faria (2016), Lima, Silva e Faria (2016) e Santos *et al*. (2020). A incorporação de fibras nas misturas também é estudada, com intuito de melhorar as propriedades da argamassa e seu desempenho. Mediante o exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar o desempenho em relação aos estados fresco e endurecido de argamassas para revestimento, constituídas de terra com adição de fibra têxtil.

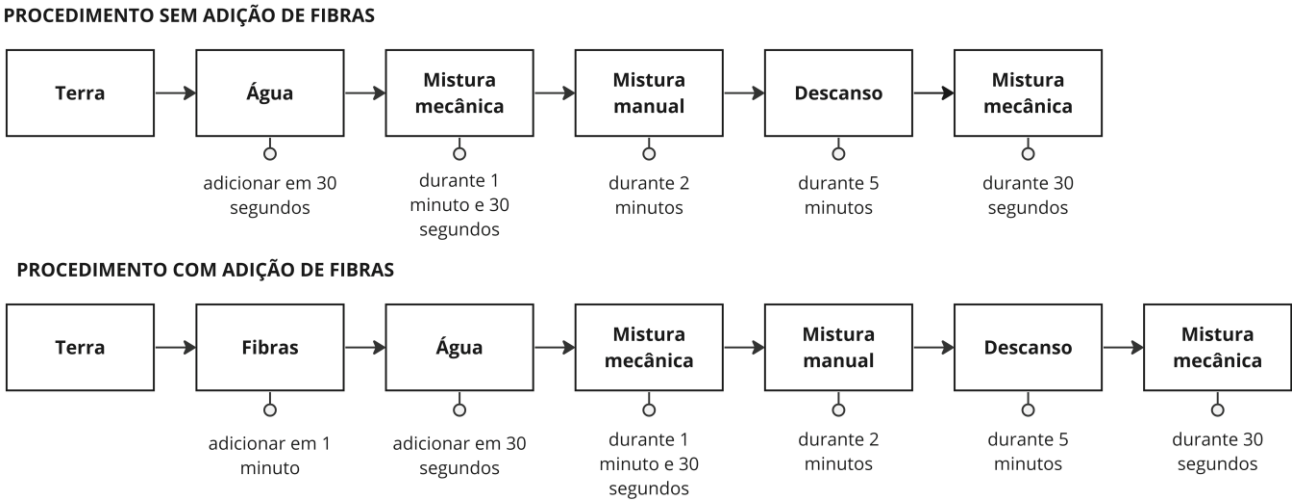
2 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa empregou terra predominantemente arenosa (coletado no município de Tamarana/PR) na confecção das argamassas, sem adição de areia, visando identificar o comportamento da terra *in natura*. As fibras de poliéster empregadas são provenientes de retalhos de tecido cujos resíduos foram cedidos por uma empresa têxtil de Apucarana/PR. As fibras empregadas são compostas por micro fios de poliéster, com espessura da ordem de 0,03 mm e comprimento de 1 cm, mesmo material utilizado por Fujita, Luiz e Lopes da Silva (2022).

Para as misturas, utilizou-se terra passante na peneira de malha 30 (abertura de 0,6 mm) e sua a caracterização foi realizada seguindo as NBR 6458 (ABNT, 2016a), NBR 7181 (ABNT, 2016b), NBR 6459 (ABNT, 2016c) e NBR 7180 (ABNT, 2016d).

As argamassas foram preparadas com o auxílio de argamassadeira mecânica, conforme elucida o programa de mistura adaptado de Fujita, Luiz e Silva (2022) que é ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Resumo do procedimento das misturas



Fonte: Adaptado de Fujita, Luiz e Lopes da Silva (2022)

As misturas foram denominadas SF (sem fibras), F01 (0,1% de fibras), F02 (0,2% de fibras) e F03 (0,3% de fibras), sendo os teores de fibras em relação a massa seca de terra. Para cada traço, três corpos de prova foram moldados buscando-se índice de consistência (IC) de 230 mm, sendo este um valor médio entre o estabelecido pela DIN 18947 (2018), 175 mm, e NBR 13270 (ABNT, 2016e), 260 mm.

Em relação a retração linear, a DIN 18947 (2018) estipula que este parâmetro deve ser determinando empregando forma rígida, de 40 por 40 mm em sua seção transversal por 160 mm de comprimento, mediante a confecção de, pelo menos, três corpos de provas. A retração linear, dada em porcentagem, resulta da variação do comprimento da amostra em relação ao seu comprimento inicial (dimensão interna da forma), onde a medição deve ser feita com paquímetro, a meia altura do corpo de prova. Já Minke (2019) propõe um método simplificado para determinar este parâmetro, consistindo na produção de amostras com 25 mm de altura, 40 mm de largura, e 220 mm de comprimento, em uma forma de madeira. Na face de 40 mm da amostra, o autor recomenda a execução de duas linhas com uma faca, distante 200 mm entre si. Após a secagem, mede-se a distância entre estas duas linhas e a retração pode ser obtida semelhantemente ao proposto pela DIN 18947 (2018). A metodologia adotada neste estudo se ampara nas descritas anteriormente, com algumas adaptações: os moldes foram confeccionados utilizando-se de uma placa de 25 mm de espessura de poliestireno expandido (EPS), com dimensões propostas de 40 mm de largura por 220 mm de comprimento. Os moldes foram revestidos com filme de policloreto de vinila (PVC) para garantir que a saída de água ocorresse apenas por evaporação, sem que houvesse absorção. A moldagem dos corpos de prova foi feita com base na NBR 15261 (ABNT, 2005a), em duas camadas com 25 golpes em cada. Posteriormente à moldagem, foi feita uma marcação em cada lado, em forma de cortes, de modo que a distância entre eles fosse de aproximadamente 20 cm. Foram moldadas três amostras para cada traço, totalizando 12 corpos de prova. As medidas foram realizadas imediatamente após a moldagem, com 24 e 168 horas, respectivamente 1 e 7 dias, utilizando paquímetro com precisão de 0,01 mm.

Após a desmoldagem, determinou-se a massa específica aparente nos estados fresco e endurecido em conformidades com as normas NBR 13278 (ABNT, 2005b) e NBR 13280 (ABNT, 2005c), respectivamente. Ademais, 4 corpos de prova de cada traço foram utilizados na caracterização mecânica (resistência à tração na flexão e por compressão) em conformidade com a NBR 13279 (ABNT, 2005d), rompidos aos 14 dias. Empregou-se prensa universal modelo WDW - 300E com capacidade de aplicação de até 300 kN à velocidade de 0,5 mm/min.

Figura 2: Corpos de prova desmoldados



Fonte: Autores

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização granulométrica da terra indicou um material constituído de argila (37%), silte (16%), areia média a fina (47%). O limite de plasticidade (LP), limite de liquidez (LL) e índice de plasticidade (IP) obtidos foram de 23%, 30% e 7%, respectivamente. A massa especifica dos sólidos obtida foi de 2,80 g/cm³. Na Tabela 1 estão contidas as características das argamassas produzidas para determinação da retração, bem como os valores destas propriedades.

Através da análise estatística de variância e do *teste t* verificou-se que não existe variação no valor da retração, entre si, seja em 24 ou 168 horas. Contudo, observa-se uma tendência de estabilização do fenômeno a partir da leitura de 168 horas, corroborado pelos reduzidos coeficientes de variação obtidos para as misturas. Em consequência disto e associado a observação tátil visual das amostras, verificou-se um indicativo de que 168 horas seriam suficientes para finalização do estado plástico, ou seja, para a secagem dos corpos de prova. Nesta idade, todos os valores medidos se aproximaram do limite de 4% prescrito pela DIN 18947 (2018).

Ressalta-se, ainda, que a norma alemã estipula que o valor da retração deve ser determinado quando se atingir constância de massa, porém não estipula uma idade mínima. A partir deste último ponto identifica-se que existe campo em pesquisas futuras para avaliação do processo de expulsão da água, entendido como secagem, particularmente em argamassas confeccionadas com solos tropicais, podendo dar encaminhamento a uma normativa brasileira.

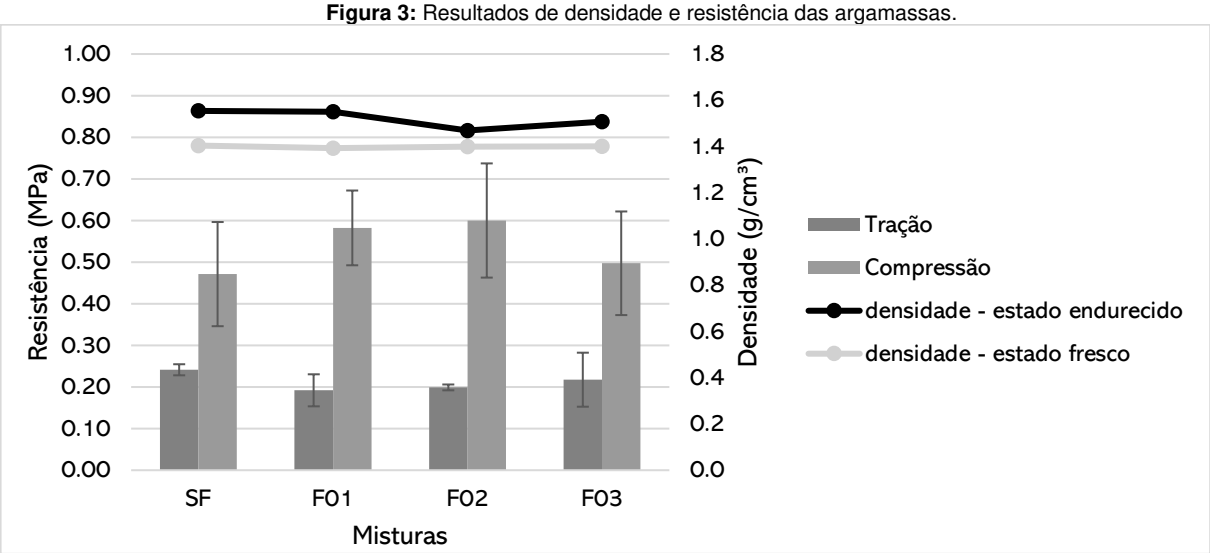
Tabela 1: Características das argamassas e valores de retração para 24 e 168 horas

Argamassa	Relação a/t ou a/ms	IC (mm)	Retração					
			24 horas			168 horas		
			Valor médio	Desvio padrão	Coeficiente de variação	Valor médio	Desvio padrão	Coeficiente de variação
SF	0,437	233	-0,51%	0,25%	50%	-3,70%	0,54%	15%
F01	0,436	242	-1,23%	0,38%	31%	-4,12%	0,52%	13%
F02	0,426	224	-0,91%	0,47%	51%	-5,21%	0,43%	8%
F03	0,442	232	-0,58%	0,39%	67%	-4,04%	0,39%	10%

Fonte: Autores

A Figura 3 apresenta os valores de massa específica nos estados fresco e endurecido obtidos para as argamassas. Observa-se que as massas específicas das argamassas no estado fresco permaneceram uniformes, em torno de 1400 kg/m³, não havendo alteração significativa com a inserção de fibras. Isso significa que o teor de ar incorporado no processo de mistura não variou para as quantidades de fibras estudadas. Já para o estado endurecido, ocorreu a diminuição da massa específica das argamassas com fibras em relação à de referência, mais uma vez F02 apresentando comportamento particular, com o menor valor. Diferentemente das argamassas cimentícias que possuem massa específica no estado endurecido menor em relação ao estado fresco, devido à saída de água por evaporação, com a terra decorre o inverso.

Figura 3: Resultados de densidade e resistência das argamassas.



Fonte: Autores

A Figura 3 também apresenta os resultados da resistência a tração e a compressão, acompanhados das respectivas barras de desvio padrão. Através da análise estatística de variância e do teste t verificou-se que não existe variação nos valores obtidos para a resistência à tração das amostras, para os teores estudados, ficando estes valores no intervalo de 0,19 a 0,24 MPa. O mesmo ocorre para a resistência à compressão, ou seja, não há influência da adição das fibras, nos teores estudados, nesta propriedade. Os valores variaram de 0,47 a 0,60 MPa. De qualquer forma, as argamassas ensaiadas não atingiram os valores mínimos estabelecidos na DIN 18947 (2018) de 0,3 MPa para a tração e 1,0 MPa para compressão.

A análise visual dos corpos de prova rompidos permitiu identificar que a incorporação das fibras auxiliou na sustentação das partes rompidas, evitando seu desprendimento, demonstrando boa aderência da fibra na matriz (Figura 4, a esquerda). Após a ruptura, constatou-se que as fibras não se distribuem uniformemente no interior das amostras, podendo ser resultado da atração eletrostática entre elas, culminando em sua aglomeração (Figura 4, a direita).

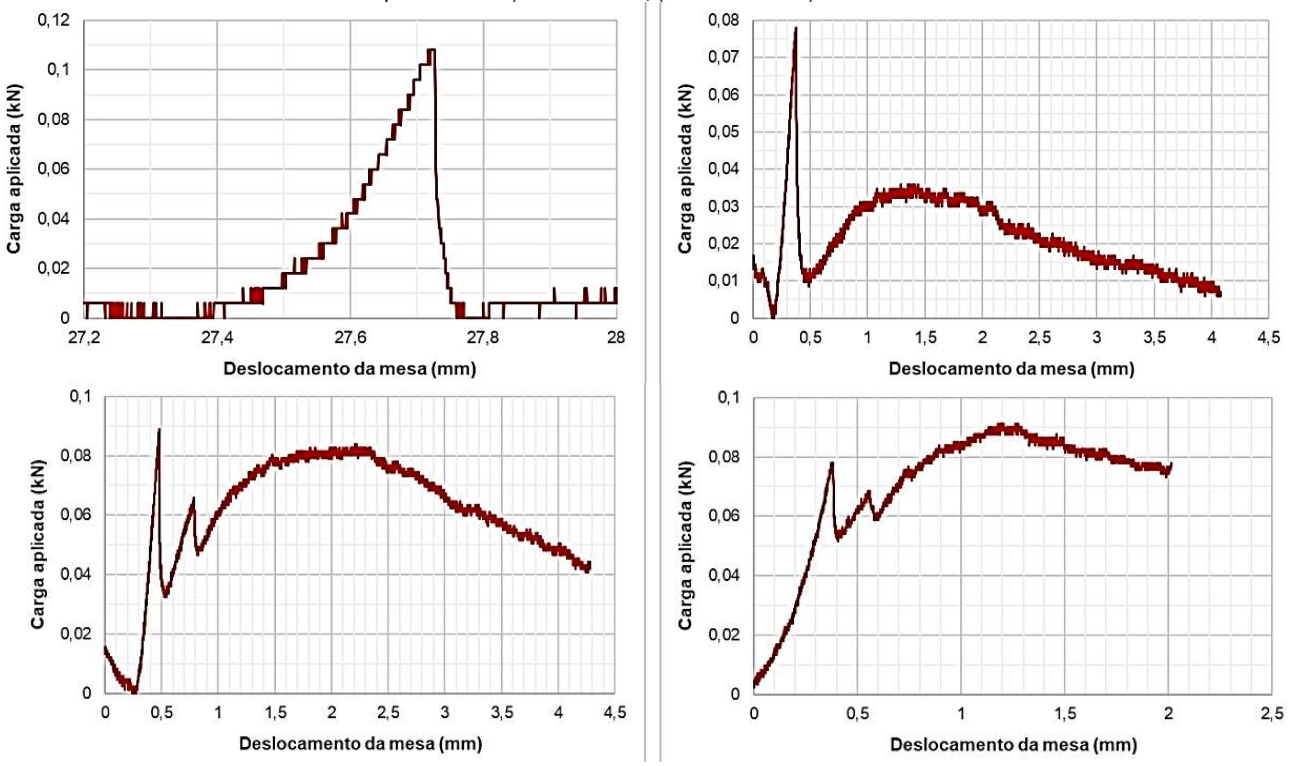
Em relação ao comportamento dos corpos de prova durante o ensaio de tração, constatou-se o comportamento frágil da amostra SF. Para as amostras F01, F02 e F03, a inserção das fibras promoveu aumento da ductilidade, como se observa na Figura 5.

Figura 4: Corpo de prova com adição de fibras. (a esquerda); submetido ao ensaio de compressão em vista superior; (a direita): partido ao meio, visto em corte



Fonte: Autores

Figura 5: Curva carga versus deslocamento para o ensaio de tração: (a esquerda acima) amostra SF; (a direita acima) amostra F01; (a esquerda abaixo) amostra F02; (a direita abaixo) amostra F03



Fonte: Autores

Os baixos valores obtidos nas resistências mecânicas são coerentes e estão associados ao fato da matriz ser composta somente por terra, água e fibras. Assim, como a matriz carece de ligante reativo, a argila é o único ligante (inerte) e, como observado, insuficiente para a aglutinação das partículas e ganho de resistência mecânica.

4 CONCLUSÕES

A partir da avaliação da retração identificou-se que a inserção de fibras de poliéster não alternou o desempenho das argamassas, uma vez que os valores não apresentam diferença significativa além de se aproximaram do limite imposto pela normativa DIN 18947 (2018). A inserção de fibras não alterou a densidade das argamassas no estado fresco, porém sugere-se que diferenças possam ocorrer em maiores quantidades de fibras, em decorrência da incorporação de ar. Já no estado endurecido, houve a diminuição da densidade com o aumento do teor de fibra. Com base nos requisitos de desempenho da DIN 18947 (2018), conclui-se que a matriz estudada não está adequada para revestimentos argamassados, em particular devido a ao desempenho mecânico. Assim, sugere-se beneficiamento da matriz com possível inserção de ligantes e/ou adições minerais reativos, e/ou ainda, adição de agregados de maior granulometria.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15261**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da variação dimensional (retratação ou expansão linear). Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **ABNT 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, 2005b.

_____. **ABNT NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005c.

_____. **ABNT NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005d.

_____. **ABNT NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. **ABNT NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016b.

_____. **ABNT NBR 6459**: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016c.

_____. **ABNT NBR 7180**: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016d.

_____. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016e.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 18947**: Lehmputzmörtel – Anforderungen, Prüfung und Kennzeichnung. Berlin, 2018.

FARIA, P.; LIMA, J. **Rebocos de terra**. 1. ed. Lisboa: Argumentum, 2018.

FUJITA, N. A.; LUIZ, A. M. F.; LOPES DA SILVA, S. H. Consistência e fissuração em revestimento argamassado de solo com adição de fibra de poliéster. In: **Congresso de arquitetura e construção com terra no Brasil**, 8., 2022. Anais [...] Florianópolis: 2022. http://redeterrabrasil.net.br/wp-content/uploads/2022/01/Livro-TerraBrasil-2022.pdf.

LIMA, J.; CORREIA, D.; FARIA, P. **Rebocos de terra: Influência da adição de gesso e da granulometria da areia**. In: Argamassas 2016 - Simpósio de Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento, 2., 2016. Anais [...] Coimbra, 2016. http://hdl.handle.net/10362/18283.

LIMA, J.; FARIA, P. Eco-Efficient Earthen Plasters: The Influence of the Addition of Natural fibers. FANGUEIRO, R; RANA, S. (Org.). **Natural Fibers: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications**: From Science to Market. vol. 12. Berlin: Springer, 2016. v. 12. p. 315-327. http://hdl.handle.net/10362/14878.

LIMA, J.; SILVA, S.; FARIA, P. Faria Rebocos de terra: Influência da adição de óleo de linhaça e comparação com rebocos convencionais. In: Teste2016 - **Congresso de Ensaios e Experimentação em Engenharia Civil**,1., 2016. Anais […] Lisboa: 2016. http://hdl.handle.net/10362/19306.

MINKE, G. **Paredes e rebocos de terra**: sistemas, execução, orientações práticas. São Carlos: RiMa Editora, 2019.

SANTOS, T.; GOMES, M. I.; SILVA, A.S.; FERRAZ, E.; FARIA, P. Comparison of mineralogical, mechanical and hygroscopic characteristic of earthen, gypsum and cement-based plasters. **Construction and Building Materials**. v. 254. 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119222