

AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE ARGAMASSA EM SUBSTRATOS POR LANÇAMENTO VERTICAL*

Euzébio Bernabé Zanelator¹

Jonas Alexandre²

Afonso Rangel Garcez de Azevedo²

Markssuel Teixeira Marvila³

Sergio Neves Monteiro⁴

Giovani Bruzzi⁵

Gustavo de Castro Xavier⁶

Thuany Espírito Santo de Lima⁷

Resumo

A adesão, principal propriedade das argamassas, é avaliada por lançamentos manuais horizontais da argamassa sobre o substrato, a fim de reproduzir as condições reais. Esta condição de lançamento, no entanto, apresenta grande dispersão devido à falta de homogeneidade no lançamento. O objetivo deste trabalho é avaliar a substituição do lançamento horizontal manual pelo lançamento vertical por altura fixa. A avaliação foi realizada por meio de testes de adesão com as duas formas de lançamento, oito diferentes alturas de queda e dois traços de argamassas. As argamassas e substratos utilizados também foram caracterizados, bem como a verificação microscópica dos testes de aderência. Os resultados indicaram que a altura de 1,2m representa a melhor relação com o lançamento horizontal, além disso, a dispersão dos resultados utilizando o lançamento vertical foi significativamente reduzida. Pode-se concluir que o lançamento vertical é viável para reproduzir o lançamento horizontal de forma homogênea.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento; aderência; lançamento vertical.

EVALUATION OF THE ADHESION OF MORTAR TO SUBSTRATES BY VERTICAL LAUNCHING

Abstract

Adhesion, the main property of mortars, is evaluated by horizontal manual launches of the mortar on the substrate in order to reproduce the real conditions. This launch condition, however, presents great dispersion due to the lack of homogeneity in the launching. The objective of this work is to evaluate the substitution of manual horizontal launch by vertical launching by fixed heights. The evaluation was performed by adhesion tests with the two forms of launching, eight different drop heights and two traces of mortars. The mortars and substrates used were also characterized as well as microscopic verification of adhesion tests. The results indicated that the height of 1.2m represents the best relationship with the horizontal launch, in addition, the dispersion of the results using vertical launching was significantly reduced. It can be concluded that the vertical launch is feasible to reproduce the horizontal launch homogeneously.

Keywords: Rendering Mortar; Adhesion; Vertical Launching.

¹ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

² Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁵ Estudante de Engenharia Civil, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁶ Engenheiro Civil, doutor em Geotecnica, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁷ Engenheira Civil, mestre em Estruturas, LECIV, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Energia de impacto é a energia cinética com a qual a porção de argamassa lançada atinge a base. A energia de impacto varia conforme o tipo de aplicação das argamassas na execução dos revestimentos que pode ser realizada mecanicamente, por meio de máquinas de projeção, ou manualmente. A energia de impacto é um fator determinante para que a argamassa tenha um espalhamento adequado, além de boa adesão e diminuição de defeitos na interface argamassa / substrato. Assim, existe um consenso entre os pesquisadores sobre o papel fundamental da energia de impacto na resistência de adesão à tração [1, 2, 3, 4].

Em um estudo realizado por Yasterbov [5], verificou-se a influência do aumento da pressão aplicada na área de contato entre as superfícies. Através de simulação computacional, os autores verificaram o aumento da área de contato com o aumento da pressão aplicada.

No entanto, apesar da importância da energia de impacto na adesão, o lançamento de argamassa pelo oficial pedreiro é uma variável de difícil controle nos canteiros de obras, uma vez que a força de lançamento varia conforme a força do oficial, a habilidade média e o tempo já trabalhado no dia.

O conceito de controle de altura de queda livre foi inicialmente Carazek [6]. A autora utilizou uma altura de queda igual a 15cm, onde a argamassa foi vertida através de uma abertura de gaveta, conforme mostra a Figura 1.

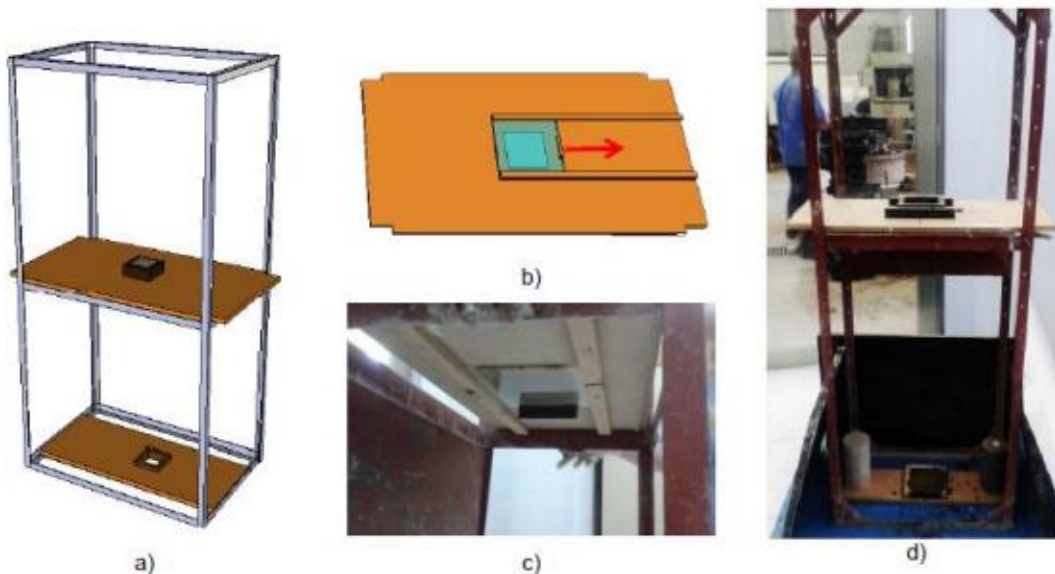


Figura 1 Caixa de queda: a) representação gráfica do dispositivo; b) representação gráfica da vista inferior do gabarito de madeira com o sistema de guilhotina; c) vista inferior do gabarito de madeira com o sistema de guilhotina; d) visão geral do dispositivo e seus componentes [7].

Paes [2], indiretamente, estimou a altura do lançamento do drop box por comparações de densidade. Ao utilizar diferentes alturas de queda, o autor verificou que a altura de 50cm correspondia à densidade mais próxima àquela encontrada pela aplicação horizontal da argamassa. Vale ressaltar que o autor encontrou densidades mais baixas com o aumento da altura de queda.

Bonin [8], procurou estimar diretamente as grandezas físicas envolvidas na aplicação da argamassa. O autor estimou a velocidade de lançamento da argamassa através da altura de lançamento e da distância percorrida. O autor encontrou velocidades que variam de 4m/s a 8m/s. O alto alcance dos valores

encontrados vem de dois fatores principais: variação das técnicas empregadas pelos pedreiros, além da simplificação do lançamento negligenciando a resistência do ar. Com o valor médio adotado de 5,5m/s o autor calculou uma altura de queda da argamassa de 1,5m.

No boletim técnico BT/PCC/455, Antunes e John [9] usam camcorders digitais e espátulas instrumentadas com eletrodos para estimar a energia de impacto. Com o auxílio da câmera de vídeo para verificar a distância percorrida entre a colher e a parede, além do tempo, verificado pelos eletrodos presentes na colher e na parede, a velocidade foi calculada. Após o cálculo da velocidade média obtida de $6,0 \pm 0,5\text{m/s}$, a altura de montagem foi fixada em $1,4 \pm 0,1\text{m}$.

Ao utilizar duas alturas diferentes, 1m e 2m, Antunes [10] verificou que a altura de queda influencia os resultados de todas as combinações propostas. Nas combinações onde o teor de água permaneceu constante o aumento da altura proporcionou uma melhora na resistência à adesão. O mesmo foi verdade para combinações com aditivos que incorporam ar; Além disso, nas combinações sem aditivos com 13% de água, o aumento da resistência foi de 69%, enquanto nas combinações sem aditivos com 15% de água, o aumento foi de 34%. No entanto, nas combinações com aditivo dispersante, o aumento na altura causou uma diminuição da resistência à aderência à tração.

Como também verificado por Yastrebov et al. [5], Stolz [6] verificou um aumento da área de contato com o aumento da altura de queda da argamassa. Em sua tese, o autor usou as alturas de 30cm e 100cm e obteve respectivamente as seguintes áreas de contato: $80,3 \pm 1,8\%$ e $85,1 \pm 1,8\%$.

O objetivo deste trabalho é verificar a altura de queda que melhor corresponda à resistência de adesão obtida no lançamento horizontal, para que seja possível replicar o lançamento horizontal utilizando uma caixa de queda, além disso, também será possível avaliar como a altura de queda influencia na resistência de aderência à tração.

2 DESENVOLVIMENTO

Os materiais utilizados na argamassa foram: cimento, areia, água. O cimento utilizado foi CP-II-E-32. A areia é natural removida do Rio Paraíba do Sul localizado em Campos dos Goytacazes - RJ. A cal hidratada foi CHIII. Os dois traços de argamassa utilizados estão indicados na Tabela 1. A razão ligante/agregado foi mantida em 1:3 para ambas os traços.

Tabela 1 Composição dos traços.

Traço	Mixtures				
	Cimento (%)	Cal hidratada (%)	Areia (%)	Água (%)	w/c
1:1:6	12.5	12.5	75	14.06	1.125
1:3	25	0	75	14.06	1.125

As argamassas foram caracterizadas pelos ensaios fresco e endurecido conforme a Tabela 2.

Tabela 2 Caracterização da argamassa no estado fresco e endurecido.

Traço	Retenção de água (%)	Densidade de massa no estado fresco (kg/m ³)	Teor de ar incorporado (%)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Resistência à compressão (MPa)
1:1:6	91	2054	1.8	2.54	3.78
1:3	78	2159	1.2	3.12	4.89

Pode ser verificado pela Tabela 2 que os traços apresentam desempenho significativamente diferentes em algumas propriedades.

A retenção de água do traço 1:1:6 foi superior ao do traço 1:3. Este aumento é justificado pelo maior teor de finos presente no traço com cal, que retém água de amassamento da mistura.

A densidade no estado fresco apresenta ligeira diminuição no traço 1:1:6 já que a cal apresenta menor massa específica que a areia e o cimento.

O teor de ar incorporado apesar de na comparação direta apresentarem valor proporcionalmente bem diferentes, se forem comparados à outros trabalhos onde o teor de ar incorporado pode chegar a 7 ou até mesmo 10%, apresentam valores bastante reduzidos e portanto similares.

A resistência mecânica do traço 1:3 apresenta resistência mecânica superior ao traço 1:1:6 que pode ser justificado pelo maior volume de cimento presente no traço que aumenta a resistência.

A análise de lançamento vertical será realizada pelo teste de aderência de tração. A verificação é feita usando um dinamômetro equipado de acordo com a figura 2.



Figura 2 Equipamento utilizado no teste de aderência de tração.

Lançamentos verticais de oito alturas diferentes serão realizados: 0,4m; 0,6m; 0,8; 1,0m; 1,2m; 1,4m; 1,6m; 1,8m. Para cada combinação de altura e traço, serão realizadas doze repetições. O grande número de repetições é necessário devido à grande variação dos resultados de adesão à tração.

Além da resistência à tração, o tipo de ruptura nos ensaios também será avaliado, conforme mostra a Figura 3.

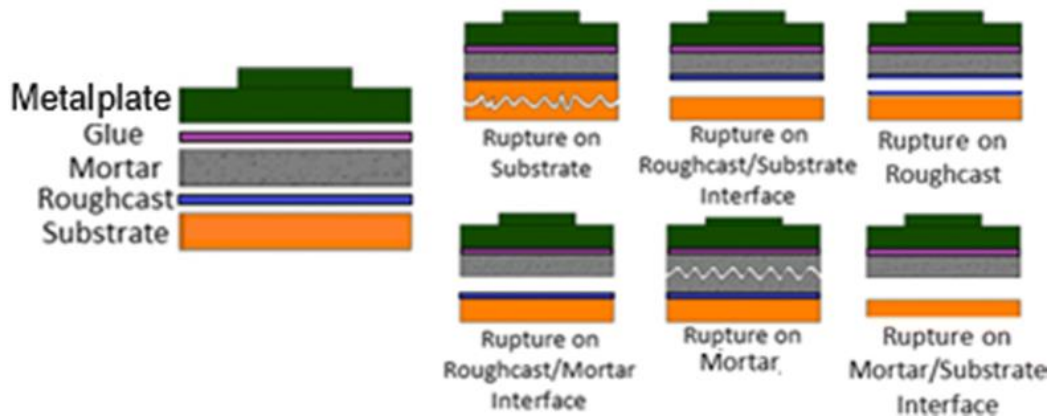


Figura 3 Tipos de ruptura [11].

2.1 Resultados e discussão

Os resultados obtidos nos testes de adesão de tração são mostrados na Figura 4

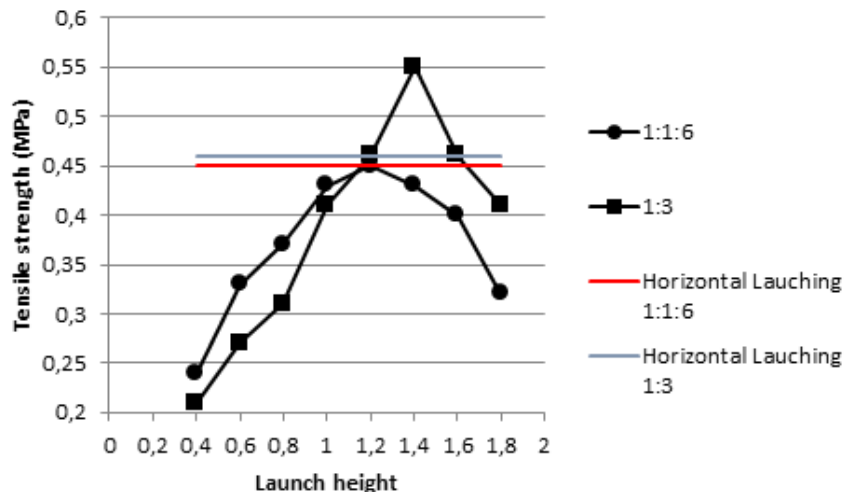


Figura 4 Resistência à tração.

Os resultados indicaram que há uma tendência de crescimento à medida que a altura da argamassa diminui, no entanto, o máximo é atingido em torno de 1,4m. Após esse valor, a resistência à tração diminui.

A resistência ascendente até 1,4 m pode ser explicada pela maior adesão inicial da argamassa ao substrato conforme aumenta-se a energia de impacto. A resistência descendente a partir de 1,4 m pode ser explicada pela segregação dos materiais da argamassa ao sofrer uma energia de impacto elevada.

Verifica-se que, até 1m de altura, a argamassa 1:1:6 apresenta maior aderência devido à maior aderência entre a argamassa e o substrato, potencializada pela adição de cal hidratada. No entanto, a partir de 1m de altura, o traço 1:1:3 excede a resistência em relação ao outro traço, então a partir desse ponto, o traço 1:1:3 é capaz de apresentar melhor adesão inicial.

Para melhor explicar os fenômenos anteriores e comparar os traços de argamassa, a Tabela 3 indica os resultados do tipo predominante de ruptura observado em cada combinação.

Tabela 3 Resultados dos tipos de ruptura

Tipo de ruptura dominante			B – Tipo de ruptura na interface argamassa/substrato C – Tipo de ruptura na argamassa
Altura de queda (m)	Traços de argamassa		
	1:1:6	1:3	
0,4	B	B	
0,6	B	B	
0,8	B	B	
1	B	B	
1,2	B	B	
1,4	C	B	
1,6	C	C	
1,8	C	C	

Com o aumento dos valores de altura de queda superiores a 1m, verifica-se que a argamassa 1:1:6 começa a perder resistência devido ao aumento da segregação. A alteração do tipo de ruptura que antes era na interface entre a argamassa e o substrato e passa a ser na argamassa apenas corrobora com esta justificativa, já que a argamassa começa a apresentar deficiência na resistência mecânica.

O mesmo comportamento também é verificado na argamassa 1:3, no entanto, de forma mais tardia, visto que este traço apresenta maior resistência mecânica naturalmente retardando assim os efeitos da perda de resistência.

Na comparação dos resultados obtidos pelo ensaio com lançamentos horizontais com os lançamentos verticais, percebe-se que para ambos os traços a altura de lançamento de 1,2m foi a que se mostrou mais próxima dos resultados obtidos. Portanto, esta foi a altura que melhor corresponde à equivalente do ensaio com lançamento horizontal.

3 CONCLUSÃO

Com base nos resultados, é possível concluir que:

- A altura de lançamento vertical influencia na resistência à tração, aumentando a resistência com altura de até 1,4m e descendo com alturas a partir de 1,4m.
- A partir de 1,4m de altura de queda o tipo de ruptura passa a ser na própria argamassa visto que a mesma apresenta menor resistência mecânica.
- A força de adesão é maior no traço 1:1:6 até 1m de altura de queda, a partir desse valor o traço 1:3 apresenta maior resistência;
- A altura que melhor relaciona o lançamento vertical com a horizontal é de 1,2m;

Agradecimentos

Agradeço à CNPq, FAPERJ e UENF pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. JOHN, V. M. Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo, 2003. p. 47-62.
2. PAES, I. N. L. Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-aplicação. 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.
3. LOTURCO, B. Como verificar aderência de argamassas. Revista Técnica, n. 88, Julho, 2004. pp 42-47.
4. DUALIBE, R. P.; CAVANI, G. R.; OLIVEIRA, M. C. B. Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência à tração e permeabilidade à água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2005. P. 508-517.
5. YASTREBOV, V. A.; ANCIAUX, G.; MOLINARI, J. From infinitesimal to full contact between rough surfaces: Evolution of the contact area. In: International Journal of Solids and Structures, 52, 2015, p. 83-102.
6. CARASEK, H. Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Substratos Porosos – Avaliação dos Fatores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo de Ligação. 1996. 285 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
7. STOLZ, C. M. Análise dos principais parâmetros que influenciam na área de contato substrato/argamassa de revestimento. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
8. ÖSKAN, N.; OYSU, C.; BRISCOE, B. J.; AYDIN, I. Rheological Analysis of Ceramic Pastes. Journal of the European Ceramic Society, v. 19, 1999, p. 2883- 2891.
9. Antunes, R. P. N.; JOHN, V. M. Determinação e controle da energia de impacto de argamassas lançadas manualmente. Boletim Técnico BT/PCC/455 da escola Politécnica da USP. São Paulo, 2007.
10. ANTUNES, R. P. N. Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa. São Paulo, 2005. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP
11. ZANELATO, E.B.; ALEXANDRE, J.; AZEVEDO, A.R.G.; MARVILA, M.T. Evaluation of roughcast on the adhesion mechanisms of mortars on ceramic substrates. In: Materials and structures, 2019.