AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO EM ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO EM REVESTIMENTO – LEVANTAMENTO DE DADOS EM LABORATÓRIO

Tema: Métodos de ensaio.

Grupo[1]: 2

COSTA E SILVA, A.J.[1], MELO, A.C.[2], GOMES, C.F.[3], BERTINO, T.B.[4]

[1]Prof. Dr., Universidade Católica de Pernambuco, angelo@tecomat.com.br
[2]Doutoranda, Universidade Federal da Paraíba, anne.carolinemelo@hotmail.com
[3] Graduando Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, carlosfernando.gn@gmail.com
[4] Graduanda Engenharia Civil, Uninassau, thayse.bertino@gmail.com

RESUMO

A NBR 13528:2010(1) apresenta uma metodologia de avaliação mecânica dos revestimentos aderidos, onde comumente se verificam elevados níveis de dispersão entre os resultados. O presente trabalho tem o objetivo de apresentar o levantamento de dados realizado em laboratório técnico especializado, a partir das análises desenvolvidos ao longo dos últimos 2 anos, o que totaliza 8.157 pontos de ensaio. Os dados confirmaram a elevada dispersão de resultados, medidos a partir do coeficiente de variação, podendo-se, contudo, verificar fatores que concorrem para redução da influência das operações de ensaio, o que contribui para a acuracidade desses indicadores.

Palavras-chave: ensaio de aderência, NBR 13528:2010, arrancamento.

EVALUATION OF THE COEFFICIENT OF VARIATION IN TESTS OF ADHERENCE RESISTANCE TO COATING TRACTION - DATA SURVEY IN LABORATORY

ABSTRACT

NBR 13528:2010(1) presents a methodology for the mechanical evaluation of adhered coatings, where high levels of dispersion are commonly found among the results. The present work has the objective of presenting the data collection carried out in a specialized technical laboratory, based on the analyzes developed over the last 2 years, which totals 8,157 test points. The data confirmed the high dispersion of results, measured from the coefficient of variation, but it is possible to verify factors that contribute to reduce the influence of the test operations, which contributes to the accuracy of these indicators.

Key-words: adhesion test, NBR 13528:2010, pullout.

[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

Os revestimentos em argamassa estão presentes nas opções construtivas mais empregadas no Brasil, seja constituindo-se diretamente como acabamento final (com pintura) ou ainda servindo como base para a aplicação de placas cerâmicas ou pedras[2]. A aderência do revestimento ao substrato é uma das principais propriedades mecânicas para verificação de seu desempenho, no entanto, trata-se de uma propriedade complexa, dependendo de uma série de fatores que estão relacionados às características dos materiais envolvidos, das técnicas de execução e das condições de exposição do revestimento ao ambiente [3]. No Brasil, a avaliação quantitativa da aderência de revestimentos de argamassa tem sido realizada por meio da determinação da resistência de aderência à tração mediante as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13528:2010[1] e NBR 15258:2005[4].

No entanto, segundo Link *apud* Costa[5], os resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração estão sujeitos a um grande número de perturbações que, de maneira direta ou indireta irão influenciá-los na forma de um erro sistemático, ou na forma de incerteza do valor atribuído a um dado mensurado. Costa e Carasek[3] comentam que pesquisadores e institutos de pesquisa têm apresentado resultados com alta variabilidade para uma mesma situação de ensaio (coeficientes de variação superiores a 30%), além de grandes variações de resultados quando laboratórios diferentes realizam o ensaio em um mesmo revestimento. Esta alta dispersão dos resultados pode dificultar o entendimento da real condição do revestimento e sua durabilidade.

Em uma pesquisa sobre a importância da qualidade da amostragem na previsão da vida útil, Galbusera *et al.*[6] explicam que o conhecimento adequado da durabilidade de um componente de construção permite projetar corretamente os detalhes e planejar as operações de manutenção exigidas pelos componentes. Estas, por sua vez, fazem parte de uma perspectiva mais ampla, que envolve reduções nos custos e no impacto ambiental: exatamente os desafios que a previsão da vida de serviço se propõe a superar.

O coeficiente de variação (CV) é um parâmetro estatístico que fornece a variabilidade dos dados da amostragem obtidos em relação à média do conjunto, ou seja, quanto menor o seu valor, mais homogêneos são os dados. Na matemática, o coeficiente de variação é considerado baixo quando for menor ou igual a 25% (MALAGONI e SCARTEZINI)[7]. Segundo Carasek[8], geralmente os resultados de ensaios de resistência de aderência à tração apresentam alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%, mas podem chegar muitas vezes a 60%.

Diante de tais considerações, o presente estudo propõe verificar a média dos coeficientes de variação encontrados a partir de ensaios de resistência de aderência à tração direta realizados por laboratório especializado, analisando os principais fatores de influência nessas dispersões.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Os dados utilizados na pesquisa foram disponibilizados pela empresa especializada acreditada pelo Inmetro para a realização de ensaios de resistência de aderência à tração direta, efetuados durante os anos de 2016 e 2017 na Região Nordeste, totalizando 8.157 pontos de arrancamento.

Os fatores de influência considerados para as análises dos dados estão a seguir descritos:

a) Geometria do corpo de prova: Circular (ø5mm) e quadrado (10mmx10mm);
b) Posição de arrancamento: Vertical e horizontal (apenas piso);
c) Ambiente de exposição: Interno e externo;
d) Substrato: bloco de concreto, estrutura de concreto e bloco cerâmico.

A Tabela 1 apresenta uma descrição da distribuição quantitativa dos ensaios dos dados analisados na pesquisa, conforme as variáveis propostas.

Tabela 1: Quantidade de corpos de prova segundo variáveis estudadas

		Posição vertical			**Posição horizontal**
		Bloco cerâmico	*Bloco concreto*	*Estrutura concreto*	*Estrutura concreto*
Geometria quadrada	*Ambiente interno*	572	102	289	449
	Ambiente externo	964	93	418	42
Geometria circular	*Ambiente interno*	702	120	726	564
	Ambiente externo	1183	403	1494	36

Fonte: Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

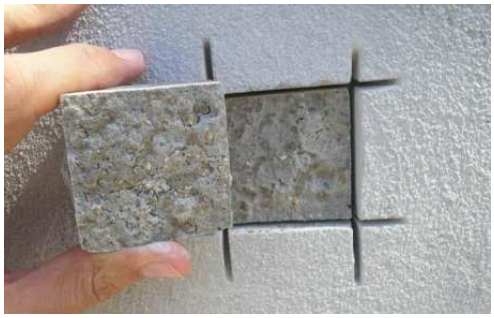
3.1 Geometria do corpo de prova

A análise da geometria dos corpos de prova circulares ou quadrados, objetiva compreender se os mesmos podem interferir na dispersão dos resultados dos ensaios. É preciso destacar que os corpos de prova quadrados são empregados para os ensaios com placas aderidas (cerâmicas, rochas ornamentais etc.), enquanto os circulares são utilizados, predominantemente, para os casos de emboço e contrapiso. As amostras quadradas costumam ser cortadas por meio de discos diamantados, enquanto as peças circulares são preparadas com elementos do tipo serra copo (Figura 1 e Figura 2).

Figura 1 - Corte circular efetuado com serra copo



Figura 2 - Corte quadrado efetuado com disco de corte

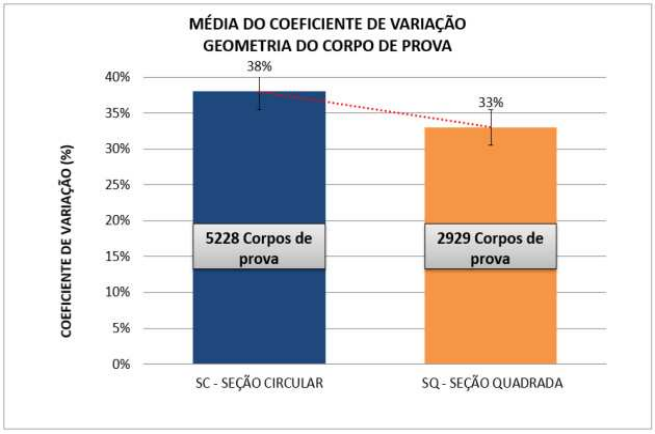


Fonte: Autores

A Figura 3 apresenta os coeficientes de variação encontrados, e pode-se perceber uma grande diferença entre as amostras, o que confirma a hipótese de influência dessa variável na dispersão dos resultados encontrados.

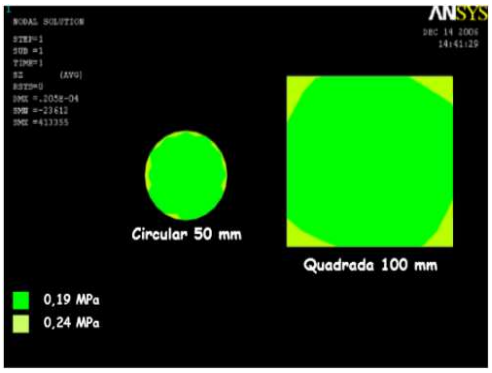
As maiores dispersões encontradas nas amostras circulares (CV=38%), em comparação com as quadradas (CV=33%) vão ao encontro da expectativa inicial posto que, conforme demonstrado na Figura 4, é esperada uma certa dispersão na distribuição das cargas nas arestas. Além disso, o corte com a serra copo tende a apresentar uma maior regularidade, tanto geométrica quanto de profundidade, que tenderiam a diminuir a variação de valores obtidos nos ensaios.

Figura 3: CV médio – Geometria do corpo de prova



Fonte: Autores

Figura 4: Distribuição de tensões na interface argamassa-substrato para corpos de prova com geometria e dimensões distintas



Fonte: Costa e Carasek[3]

Apesar do presente estudo não ter por objetivo analisar os valores de resistência obtidos, mas apenas os coeficientes de variação, é importante apresentar algumas discussões a respeito. Estudo realizado por Costa e Carasek[3] mostra resultados que indicam a tendência dos corpos de prova circulares apresentarem maiores valores de resistência de aderência em relação aos quadrados, com redução na ordem de 52%.

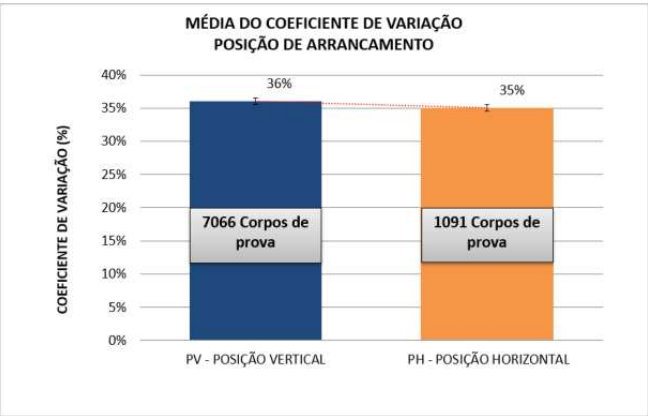
Outra consideração importante é trazida por Malagoni e Scartezini[7] onde a análise relativa ao coeficiente de variação mostrou que não há uma correlação matemática direta entre os valores de resistência de aderência à tração e o CV das amostras, todavia, notou-se uma tendência de redução dos valores de CV à medida em que os valores de resistência de aderência aumentam, fato este não verificado neste estudo, uma vez que os corpos de prova com resistência de aderência superiores (circulares) apresentaram um coeficiente de variação superior às amostras com geometria quadrada.

3.2 Posição de arrancamento

No caso da posição, a ideia consiste em analisar se há algum tipo de interferência caso o operador realize o ensaio na posição vertical (paredes, a um ângulo de 90º do piso) ou horizontal, geralmente pisos (Figura 6).

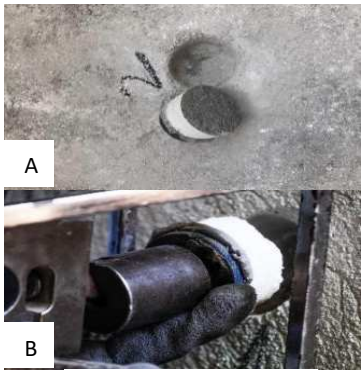
Nessa análise foram agrupados todos os resultados ensaiados nas duas posições (horizontal e vertical), independente se foram efetuadas em áreas internas ou externas, ou se eram quadradas ou circulares. Nesses termos, os valores encontrados não apresentaram diferenças expressivas (Figura 5), apontando valores de média de coeficiente de variação entre 35% e 36%.

Figura 5: CV médio – Posição de arrancamento



Fonte: Autores, 2018

Figura 6: (A) Posição Horizontal - Contrapiso; (B) Posição Vertical - Paredes



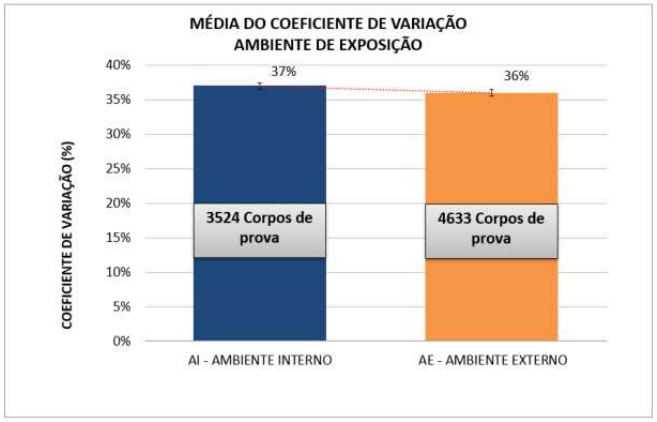
Fonte: Autores, 2018

3.3 Condição de exposição

O local de exposição das amostras, em ambientes internos e externos, certamente tem influência direta em seu comportamento e vida útil. Para Loh et al. (2002)[9], os efeitos ambientais, como combinações de umidade e temperatura, são os principais contribuintes para a degradação do adesivo, tanto nas regiões coesa quanto na interfacial. No entanto, no que se refere às operações de ensaio, é importante que se atenda aos procedimentos normativos em ambas situações para que essa condição não interfira nos valores e nas dispersões obtidas durante os testes.

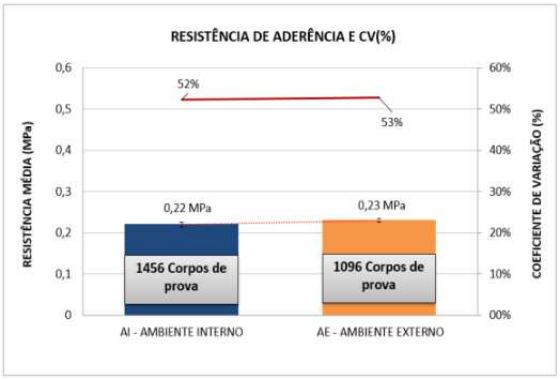
A partir da Figura 7, nota-se que a média do coeficiente de variação é próxima e similar nas condições de exposição interna e externa nos 8.157 pontos de arrancamento verificados para estas condições. Tal diferença também não foi percebida por Malagoni e Scartezini[7] como mostrado na Figura 8, onde tanto os resultados médios de resistência de aderência à tração quanto o coeficiente de variação também foram aproximados, não evidenciando diferenças significativas quando considerado o tipo de ambiente.

Figura 7: CV médio – Ambiente de exposição



Fonte: Autores

Figura 8: Condições em ambientes internos e externos



Fonte: Malagoni e Scartezini[7], adaptado.

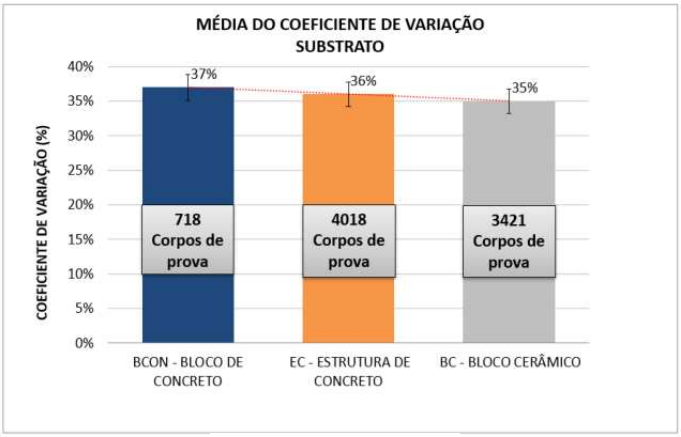
3.4 Substrato

Por fim, essa pesquisa também analisou a influência do substrato nas variações de resultados obtidos nos ensaios de aderência, separando em blocos de concreto, blocos cerâmicos e estrutura de concreto.

Conforme se pode observar na Figura 9, os resultados apontam valores médios altos (entre 35% e 37%), porém bem similares entre as 3 situações. Resultados obtidos por Malagoni e

Scartezini[7] mostram coeficientes de variação acima de 50% para blocos cerâmicos e em torno de 40% para estrutura e blocos de concreto, acima daqueles observados no presente estudo.

Figura 9: CV médio – Substrato



Fonte: Autores, 2018

4. CONCLUSÕES

A análise relativa ao coeficiente de variação dos 8.157 pontos de arrancamento do ensaio de resistência de aderência à tração verificados isoladamente de acordo com a geometria do corpo de prova, posição do arrancamento, ambiente de exposição e substrato do revestimento mostram que:

- A dispersão dos resultados de resistência de aderência à tração em revestimentos de argamassa foi maior quando utilizado o corpo de prova de geometria circular em comparação ao de geometria quadrada, logo, seu coeficiente de variação é maior. Esse fato pode decorrer, entre outros aspectos, de problemas relacionados com o próprio corte, devido à inclinação da serra copo, o que é agravado em casos de espessuras maiores.

- Nas quatro condições de influência verificadas nesta pesquisa (geometria do corpo de prova, posição do arrancamento, ambiente de exposição e substrato do revestimento), apenas a geometria do corpo de prova induziu resultados significantes de influência no coeficiente de variação das amostras analisadas.

- As médias dos coeficientes de variação verificados no presente estudo situam-se entre 33% e 38%, estando estes valores de acordo com os encontrados nas pesquisas nacionais e internacionais sobre o tema[7, 8].

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro, 2010.

2. ALVES, A., CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Influência da umidade do revestimento na resistência superficial avaliada por diferentes métodos de ensaio**. 3º Congresso Português de Argamassas de Construção. Lisboa, 2010.

3. COSTA, E; CARASEK, H. **Influência dos parâmetros de ensaio na determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** Ambiente Construído, v. 9, n. 4, p. 17-35, out./dez. 2009.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258: Argamassa para revestimento de paredes e tetos: determinação da resistência potencial de aderência à tração.** Rio de Janeiro, 2005.

5. COSTA, E**. Investigação do método de ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2007.

6. GALBUSERA, M.M.; BRITO, J.; SILVA, A. **The importance of the quality of sampling in service life prediction**. Construction and Building Materials, v 66, p 19-29, 2014.

7. MALAGONI, M.A.; SCARTEZINI, V. **Análise dos resultados de resistência de aderência em revestimentos de argamassa**. Trabalho de conclusão apresentado à Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013.

8. CARASEK, H. **Guia de avaliação e interpretação de ensaios de sistemas de revestimentos de argamassa**. Comunidade da Construção de Belo Horizonte. 21 p. 4° Ciclo. Belo Horizonte. 2011.

9. LOH, W.K.; CROCOMBE, A.D.; ABDEL WAHAB, M.M.; ASHCROFT, I.A. **Environmental degradation of the interfacial fracture energy in an adhesively bonded joint**. Engineering Fracture Mechanics, v 69, p 2113-2128, 2002.