COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS NÃO-DESTRUTIVOS PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Tema: Métodos de ensaio.
Grupo[1]: 2

THIAGO G. CORRÊA[1], RAFAEL F. KRETZER[2], ROMULO A. B. de MOURA[3], LUCIANA M. CALÇADA[4], JULIANA M. CASALI[5]

[1] Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, thiagocorea@gmail.com
[2] Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, rafaelkretzer96@gmail.com
[3] Estudante de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, romuloabm2@gmail.com
[4] Profª. Drª, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, lucianamaltez@ifsc.edu.br
[5] Profª. Drª, Instituto Federal de Santa Catarina/IFSC, juliana.casali@ifsc.edu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar os resultados de métodos não-destrutivos com as propriedades das argamassas avaliando a relação direta e a eficácia destes ensaios. Foram avaliados três ensaios não-destrutivos: resistência à penetração de pinos, esclerometria de pêndulo para argamassa e velocidade de pulso ultrassônico. Os resultados indicaram boa correlação da resistência à penetração de pinos e do índice esclerométrico com a resistência à compressão, o que não foi observado para o ensaio de ultrassom. Contudo, foi possível obter uma correlação entre velocidade do pulso do ultrassom e a idade dos corpos de prova.

Palavras-chave: argamassa industrializada, ensaio não-destrutivo, resistência.

COMPARISON BETWEEN NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR EVALUATION OF COMPRESSIVE STRENGTH OF INDUSTRIALIZED MORTAR

ABSTRACT

The objective of this work was to compare the results of non-destructive methods with mortar properties, evaluating the direct relation and the effectiveness of the non-destructive tests. Three non-destructive tests were evaluated: resistance to pin penetration, pendulum sclerometer for mortar and ultrasonic pulse velocity. The results indicated a good correlation of the resistance to the penetration of pins and the sclerometric index with the compressive strength, which was not observed for the ultrasound test. However, it was possible to obtain a correlation between the velocity of ultrasound propagation and the age of the mortar.

Key-words: industrialized mortar, non-destructive tests, compressive strength.

[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 ensaios não-destrutivos, para BERALDO (2003)[1], servem para verificar a existência ou não de descontinuidades ou defeitos internos nos materiais, surgindo como uma alternativa para avaliação das argamassas.

De acordo com CANDIA e FRANCO (1998)[2] vários fatores influenciam no desempenho das argamassas utilizadas para os diversos fins, destacando-se as características reológicas, as características superficiais das bases, as técnicas de execução e as condições ambientais. Segundo os autores, os estudos até então realizados visaram somente as argamassas em detrimento dos outros fatores acima citados.

Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar uma comparação dos resultados obtidos pelos métodos não destrutivos (resistência à cravação de pinos, dureza superficial e velocidade de pulso ultrassônico) com os ensaios destrutivos como resistência e módulo de elasticidade para uma argamassa industrializada.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Os ensaios foram realizados em uma argamassa industrializada com dois tipos de preparo distintos: tempo e métodos de misturas diferentes. A primeira argamassa industrializada, denominada A1, foi preparada em uma betoneira de eixo inclinado de 120l onde foi misturada durante 180 s uma quantidade total de 5kg de argamassa anidra e 900ml de água (quantidade recomendada pelo fabricante). Já para a segunda argamassa, denominada A2, iniciou-se o processo de mistura na betoneira de eixo inclinado de 120l durante 10 minutos e depois a argamassa foi transferida para um balde plástico e, com um misturador de tintas, foi homogeneizada durante 5 minutos com o objetivo de aumentar o teor de ar incorporado em relação a primeira argamassa.

Logo após a mistura foram determinadas as propriedades no estado fresco, sendo elas: índice de consistência (NBR 13276: 2016)[3], densidade de massa e teor de ar incorporado (NBR 13278: 2005)[4]. Em seguida, foram moldados os corpos de prova para determinação das propriedades no estado endurecido que foram avaliadas em quatro idades: 01, 14, 21 e 28 dias. Para cada idade de ensaio foram moldados 12 corpos de prova prismáticos de dimensões (4 x 4 x 16) cm, sendo 06 da argamassa A1 e 06 da argamassa A2.

No estado endurecido foram avaliadas a densidade de massa (NBR 13280:2005)[5], velocidade do pulso ultrasônico, módulo de elasticidade dinâmico (NBR 15630: 2008)[6], resistência à tração na flexão e resistência à compressão (NBR 13279: 2005)[7], dureza superficial (esclerômetro do tipo pêndulo - modelo OS-120PM) cujo resultado final foi a média de 5 medidas por corpo de prova, resistência à penetração de pino (ensaio com pinador pneumático, com pinos do tipo T - 45 mm, pressão aproximada de 60 psi) (OLIVEIRA et. al., 2012[8] e HICKEL et. al., 2017[9]). sendo realizados 5 tiros para cada corpo de prova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Propriedades no estado fresco

Na Tabela 1 são apresentados os resultados obtidos das propriedades no estado fresco

Tabela 1 – Propriedades das argamassas industrializada no estado fresco.

Argamassa	Densidade de massa (g/cm^3)	Teor de ar incorporado (%)	Índice de consistência (mm)
A1	1,721	19,51	228,5
A2	1,683	21,31	245,0

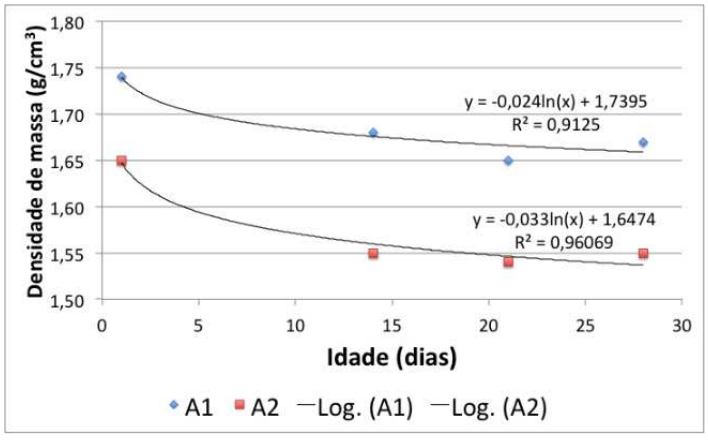
Fonte: Autores.

Pode-se observar que o teor de ar incorporado na argamassa A1 foi menor que na argamassa A2 (Tabela 1), devido provavelmente ao seu menor tempo de mistura. O índice de consistência foi superior para a argamassas A2, sendo possivelmente influenciado pelo teor de ar incorporado.

3.2. Propriedades no estado endurecido

A Figura 1 apresentada os resultados obtidos de densidade de massa no estado endurecido ao longo do tempo.

Figura 1 – Densidade de massa no estado endurecido ao longo do tempo.



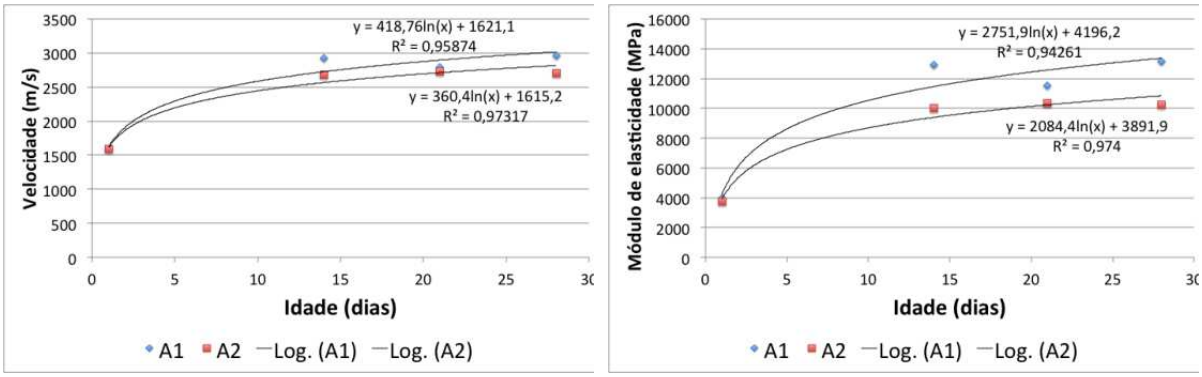
Fonte: Autores.

Observa-se na Figura 1 que a densidade de massa no estado endurecido diminuiu ao longo do tempo para as duas argamassas, possivelmente em função da perda de água por evaporação e hidratação dos compostos do cimento Portland, e manteve-se praticamente constante após

os 14 dias. Também é possível observar que os maiores valores obtidos foram para a argamassas A1, que apresentou menor teor de ar incorporado no estado fresco (Tabela 1).

Na Figura 2 são apresentados os resultados médios do velocidade do pulso ultrassônico ao longo do tempo e do módulo de elasticidade ao longo do tempo para as argamassas estudadas.

Figura 2 – (a) Velocidade do pulso ultrassônico ao longo do tempo e (b) módulo de elasticidade ao longo do tempo.



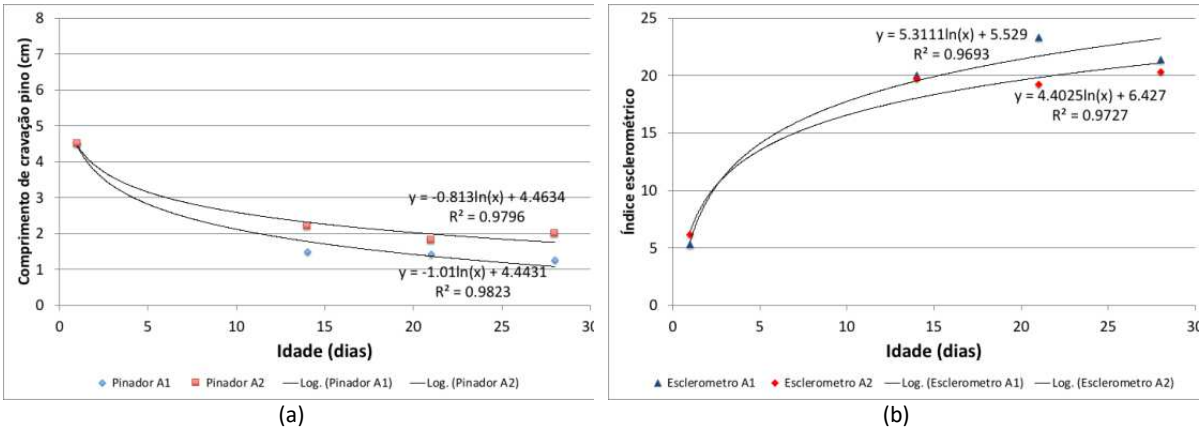
(a) (b)

Fonte: Autores.

Nota-se na Figura 2a que tanto a velocidade do pulso ultrassônico quanto o módulo de elasticidade aumentam ao longo do tempo, ficando praticamente constantes após os 14 dias.

Os ensaios não-destrutivos de resistência à penetração de pinos, cujo resultado é expresso em comprimento de cravação do pino, ao longo do tempo e o índice esclerométrico podem ser observados na Figura 3 .

Figura 3 – (a) Resistência à penetração de pinos e (b) índice esclerométrico ao longo do tempo.



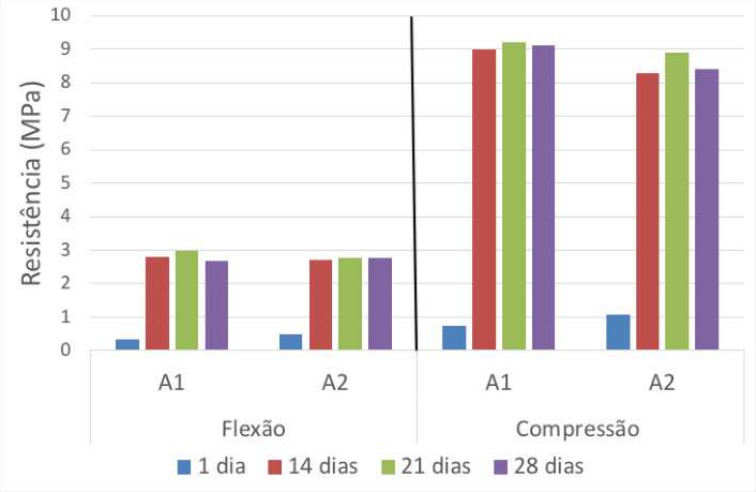
(a) (b)

Fonte: Autores.

Observa-se, na Figura 3a, que a resistência à penetração de pinos (comprimento de cravação de pinos) diminuiu ao longo do tempo em função da hidratação dos compostos de cimento Portland, aumentando a resistência. O mesmo comportamento também foi observado com relação à dureza superficial cujos valores de índices esclerométricos aumentam com o tempo. No entanto não foram observadas diferenças significativas entre as argamassas para estes ensaios.

O aumento de resistência à tração na flexão e a resistência à compressão ao longo do tempo, anteriormente mencionado, pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – A resistência à tração na flexão e a resistência à compressão ao longo do tempo.

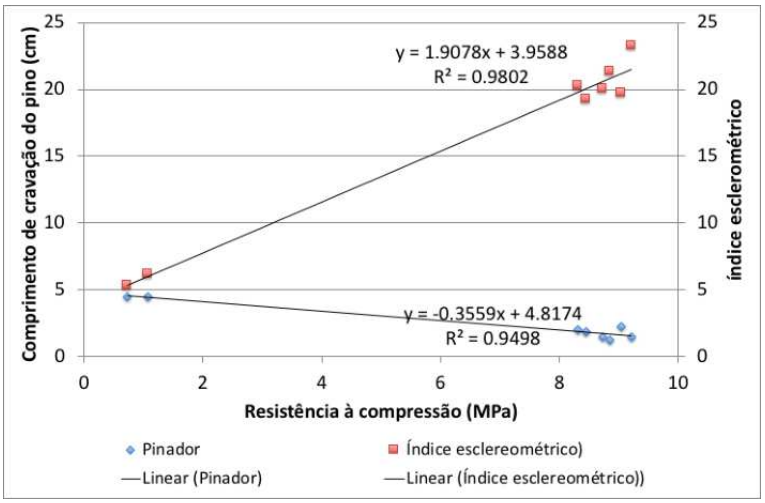


Fonte: Autores.

Analisando os valores obtidos na Figura 4, observa-se que a partir dos 14 dias as resistência foram semelhantes até os 28 dias, podendo explicar os valores praticamente constantes das outras propriedades analisadas anteriormente. Desse modo, foi verificada a correlação da resistência à penetração de pinos (comprimento de cravação do pino) e do índice esclerométrico com a resistência a compressão, apresentadas na Figura 5.

Observa-se, na Figura 5, uma boa correlação linear entre os valores de resistência à penetração de pinos (comprimento de cravação de pinos) com a resistência à compressão e do índice esclerométrico com a resistência à compressão. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Oliveira et. al., 2012[8] e Hickel et. al., 2017[9]. Desse modo, para essa argamassa industrializada seria possível uma previsão das propriedades utilizando um método não-destrutivo para controle de qualidade em obra.

Figura 5 – Correlação entre a resistência à penetração (comprimento do prego), do índice esclereométrico com a resistência à compressão.



Fonte: Autores.

4. CONCLUSÃO

Os ensaios não destrutivos são ensaios de fácil realização e não prejudicaram os resultados de ensaios que venham a ser realizados no mesmo corpo de prova posteriormente, por exemplo, ensaio de resistência à compressão. No entanto, os métodos de correlação entre os referidos ensaios e a resistência à compressão ainda geram muitos resultados divergentes em razão dos mais diferentes fatores, como pressão aplicada, diferentes operadores, posicionamento e geometria do corpo de prova.

Neste trabalho, observou-se a evolução da hidratação do cimento Portland ao longo do tempo para as diferentes propriedades analisadas e uma boa correlação linear entre os valores de resistência à penetração de pinos (comprimento de cravação de pinos) e do índice esclerometrico com a resistência à compressão. Desse modo demostrando que ensaios não-destrutivos podem ser utilizados para previsão da resistência e controle de qualidade dessa argamassa em obra.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERALDO, A.L; VIEIRA, F.F. **Ensaios não-destrutivos (END) aplicados a argamassa com adição de fibra de sisal.** In: Pan-American Conferenc For Nondestructive Testing, 3. Rio de Janeiro, 2003.

2. CANDIA, M.C. e FRANCO, L.S. **Contribuições ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Despenho dos Revestimentos de Argamassa.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP-Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1998.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 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, 2005.

5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultra-sônica. Rio de Janeiro, 2008.

7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 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, 2005.

8. OLIVEIRA, A. L et. al. **Ensaio de cravação pneumática de pino para avaliação da resistência à compressão de juntas de assentamento de alvenaria estrutural.** In: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 175-188, abr./jun. 2012.

9. HICKEL, G. ; SERPA, V. C. ; CORREIA, V. L. ; ROSA, R. S. ; OLIVEIRA, A. L. ; CASALI, J. M. ; CALÇADA, L. M. L. . **Ensaios não-destrutivos para argamassas: comparação e avaliação da eficácia para a determinação das propriedades no estado endurecido.** In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, São Paulo. Anais XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017.