

Avaliações adicionais à EN 12004 na caracterização de argamassas-cola

Vera Fernandes Saint-Gobain Portugal, S.A.

Pedro Ferreira Saint-Gobain Portugal, S.A.

Pedro Sequeira Saint-Gobain Portugal, S.A.

Luís Silva Saint-Gobain Portugal, S.A., luis.silva@saint-gobain.com

Têm sido desenvolvidas soluções de cerâmica mais elaboradas, em que a utilização de cimento como ligante único em argamassas-cola se revela insuficiente. A solução tem sido a conjugação deste ligante hidráulico com resinas poliméricas, pois são capazes de proporcionar uma melhor aderência, além de conferirem deformação transversal. Este trabalho recorda a absorção de água dos elementos cerâmicos como fator-chave para a decisão de compatibilidade com argamassas-cola, além de apresentar a metodologia e os resultados relativos à aplicação de testes de impacto a partir de queda livre de uma esfera metálica, sugerindo mais-valia face a propriedades indicadas pela norma atual, mais especificamente a deformação transversal.

Causas externas para destacamento, como metodologias de aplicação incorretas, algumas formulações desenhadas incorretamente, mas também se admite que a quantidade de resina polimérica adequada é subdimensionada, ainda que os resultados de aderência por tração perpendicular ou a deformação transversal revelem resultados conforme as classes definidas pela EN 12004.

Com efeito, não raro se observa argamassas-cola com 1 % ou 3 % de resina redispersável encaixarem exatamente na mesma classe da norma, tipicamente um C2 (aderência por tração perpendicular $> 1\text{N/mm}^2$). Uma análise conscienciosa a estas observações deverá impelir a necessidade de interpretação mais adequada do desempenho relativo das argamassas e o seu impacto ao nível da utilização.

Por exemplo, será expectável que uma argamassa-cola com uma quantidade de polímero de 1 % e outra com 3 %, ambas potencialmente definidas como classe C2, apresentem o mesmo nível de desempenho? Ou é admissível pensar que será válido para vários contextos, embora não para outros? E, se assim for, como garantir esta diferenciação e prever os diferentes casos por forma a prevenir situações de inconformidade em aplicações reais?

Importa continuar na elaboração de trabalhos de avaliação de desempenho destas argamassas, adicionais à própria norma, que possam ajudar a esclarecer o impacto que alguns componentes das argamassas-cola, ou da sua execução em obra, possam ter ao nível do comportamento final da solução. Uma avaliação possível, capaz de prever o comporta-

mento mecânico de sistemas colados de elementos cerâmicos, é o teste de impacto, que determina a quantidade de energia associada por um material quando sujeito a um objeto em movimento, como um pêndulo ou uma esfera metálica em queda. A sua atuação expõe os materiais a eventos dinâmicos, forçando os mesmos a absorver energia rapidamente, mas o seu interesse vai além, por representar e ajudar a compreender o desempenho de materiais em aplicações reais. A ação de impacto provocada por uma esfera metálica sobre um material cerâmico pode resultar em fraturas que tendem a propagar-se em forma cónica, radial e lateral, o que permite a esta metodologia apresentar análise pós-impacto aos materiais. Vários estudos revelam resultados com informação relevante ao nível do comportamento de sistemas cerâmicos soltos

ou colados com várias tipologias de adesivos. Surpreendentemente, não abundam estudos de impacto relativos à combinação de ladrilho cerâmico e argamassas-cola de base cimentícia (ou de ligantes mistos), embora se deva admitir um potencial real de obtenção de informação sobre a compatibilidade entre os dois elementos e o próprio suporte. Na realidade, a sua execução permite avaliar o sistema colado em condições de tensões externas, providas pelo impacto [1-8].

Este trabalho apresenta duas questões que se podem complementar. Por um lado, aborda como a ligação entre a argamassa-cola e o elemento cerâmico é fortemente condicionada pelo teor de absorção de água do cerâmico e pela quantidade de polímero presente na argamassa. Por outro lado, apresenta a condição de um teste de impacto adicional, promotora de tensões externas ao sistema aplicado, como informação adicional à compatibilidade entre os materiais. Nos dois casos, são ensaios que exprimem interação entre todos os materiais do sistema, o que se torna útil do ponto de vista de relação com aplicações reais, contrariamente, por exemplo, ao ensaio da deformação transversal, que se revela de menor valia, dada a elevada dispersão de resultados e a pouca informação prática resultante da sua execução.

METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Avaliação de aderência por tração perpendicular em função do grau de absorção de água dos elementos cerâmicos

O teste consistiu na determinação da aderência inicial por tração perpendicular e após envelhecimento por calor, segundo as normas EN 12004:2007+A1:2012 e EN 12004-2:2017, para um conjunto de elementos cerâmicos, cuja variável principal é a absorção de água (0,05 %, 0,5 % e 10 %) e argamassas-cola, cuja variável principal considerada é a quantidade de polímero redispersável (RDP) na sua composição (0 %, 0,5 %, 1 %, 2 %, 3,5 %, 5 % e 10 %).

1 | *Exemplificação dos níveis de impacto: 1 – Muito Mau (fissuração e descolamento); 2 – Mau (fissuração parcial); 3 – Bom (sem fissuração e descolamento).*

Testes de impacto por ação de queda livre de uma esfera metálica

Os testes foram realizados para monitorizar a evolução da degradação por fratura de um sistema de cerâmica, colado por uma argamassa-cola sobre um suporte de betão, por ação de queda de uma esfera metálica de 1 kg e diâmetro 6,25 cm, com diferentes alturas, 20 cm, 50 cm e 100 cm, resultando em ações de impacto respetivas de 2J, 5J e 10J. O elemento cerâmico usado correspondeu à classe BIa, com 10 mm de espessura e dimensões laterais de 100 mm. Os elementos cerâmicos foram colados a um suporte de betão com 40 mm de espessura, com várias argamassas-cola de ligantes mistos em estudo, cuja principal variável é a percentagem mássica de polímero redispersável (RDP): 0,5 %, 2 %, 3,5 % e 10 %. A colagem foi realizada segundo técnica de colagem dupla, com barramento no tardo do cerâmico e com penteado por recurso a pente 6x6 no suporte de betão. Os resultados são apresentados a partir de uma escala empírica, adotada face às tipologias de rotura observadas, conforme indicado na figura 1, resultando em três níveis de impacto (Bom, Mau e Muito Mau) [9].

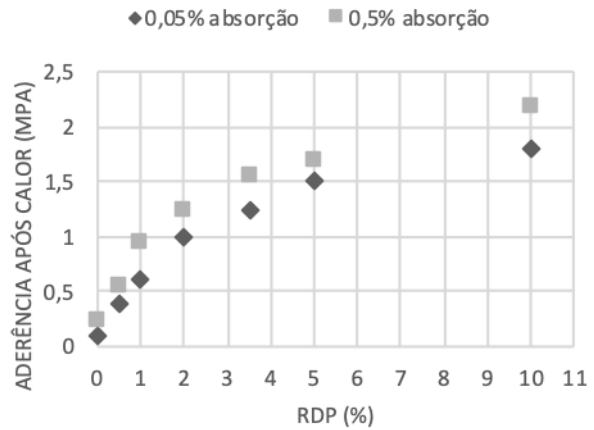
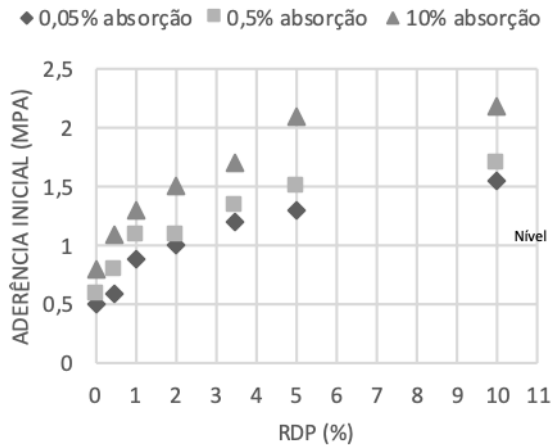
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação de aderência por tração perpendicular em função do grau de absorção de água dos elementos cerâmicos

A figura 2 apresenta os resultados de aderência por tração perpendicular, inicial e após ação do calor, que se revelam superiores para a cerâmica com maior absorção de água, para todas as quantidades de resina estudada. Também, o valor é tanto mais favorável quanto maior a quantidade de polímero adicionado.



Para 2 % de polímero, obtém-se classe C2 para as duas absorções de cerâmico, mas para 1 % de polímero a diferença implica duas classificações distintas: C1 e C2. Após ação do calor, observam-se diferenças maiores, conforme o grau de absorção adotado. Entre 0,5 % e 2 %, várias classificações podem ser obtidas: por exemplo, com 2 % de polímero, a classificação será sempre C2; para 1 % de polímero, a classificação pode ser como C1 ou C2, conforme a absorção de água do cerâmico seja 0,05 % ou 0,5 %, respetivamente; por último, para 0,5 % de polímero, a argamassa-cola pode nem atingir um C1 se a absorção de água do cerâmico for 0,05 %! Estes resultados são muito relevantes, indiciando que a comparação de ensaios entre laboratórios pode condicionar conclusões de desempenho de dois produtos com composição similar. Mas também podem contribuir positivamente, por indicar que a opção de estudo com níveis de absorção específicos para os cerâmicos podem ajudar a esclarecer diferenças reais de desempenho de argamassas-cola, com percentagens de polímero próximas, mas, ainda assim, suficientemente distintas (como, por exemplo, 1 % e 2 %), prevenindo problemas de destacamento em condições de aplicação real.



2

Testes de impacto por ação de queda livre de uma esfera metálica

A figura 3 apresenta os resultados relativos ao nível de impacto obtido em função da energia utilizada, 2 J, 5 J e 10 J, em função das várias argamassas-cola utilizadas para a fixação do elemento cerâmico, com foco na percentagem de polímero redispersável (RDP), assumindo que a sua incorporação terá efeitos na energia absorvida durante o impacto. Os resultados evidenciam que uma incorporação de 10 % de polímero é condição favorável para a obtenção de um desempenho elevado da argamassa-cola, uma vez que não se observa qualquer degradação do cerâmico ou do sistema colado, mesmo com um impacto de 10J. Os resultados também indiciam que um impacto de 2J não se apresenta como um fator diferenciador da argamassa, pelo menos no contexto testado. Já um impacto de 5J apresenta diferenciação em função da quantidade de resina incorporada na argamassa-cola; por exemplo, valores de resina inferiores a 2 % revelam tendência para rotura do sistema, sobretudo ao nível da fissuração do cerâmico (nível 2). Por último, um impacto de 10J apresenta maior potencial de diferenciação, inclusive para níveis de polímero adicionais, entre 2 % e 10 %.

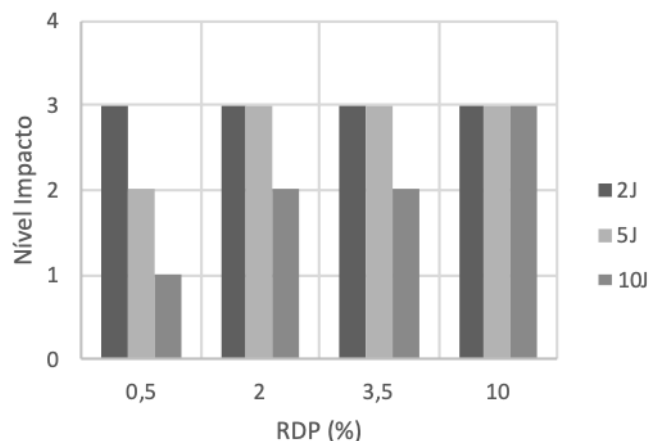
Admitindo que o desempenho de uma argamassa-cola, combinada com um suporte e um elemento cerâmico, sujeita ao teste de impacto, resulta do grau de aderência e de propriedades intrínsecas dos materiais, no caso da cola, da sua capacidade de deformação (medida a partir do ensaio de deformação transversal), a figura 4 procura apresentar a relação entre o desempenho ao impacto e as propriedades da cola como aderência e deformação transversal [9].

Os resultados indiciam relações igualmente dependentes da quantidade de polímero presente na argamassa. Isto é, o aumento da percentagem de polímero resulta num incremento da aderência e da deformação transversal e num aumento de desempenho ao nível do impacto. Os resultados também evidenciam que a deformação transversal, segundo os limites S1 e S2 indicados pela EN 12004 (respetivamente, 2,5 mm e 5 mm de deformação transversal) não tem concordância exata com o desempenho face ao impacto, uma vez que os resultados são muito similares entre argamassas com 2 % e 3,5 % de conteúdo em polímero (que resultam em deformação de 1,1 mm e 2,3 mm (quase no limite mínimo da classe S1), respetivamente. Esta relação pode indicar que a deformação transversal, neste intervalo, terá pouca relevância ao nível do comportamento da argamassa ou, então, que a metodologia não se revela com elevada precisão, capaz de diferenciar tais quantidades de polímero. Por outro lado, para o intervalo de polímero 0,5 % e 2 % (resultan-

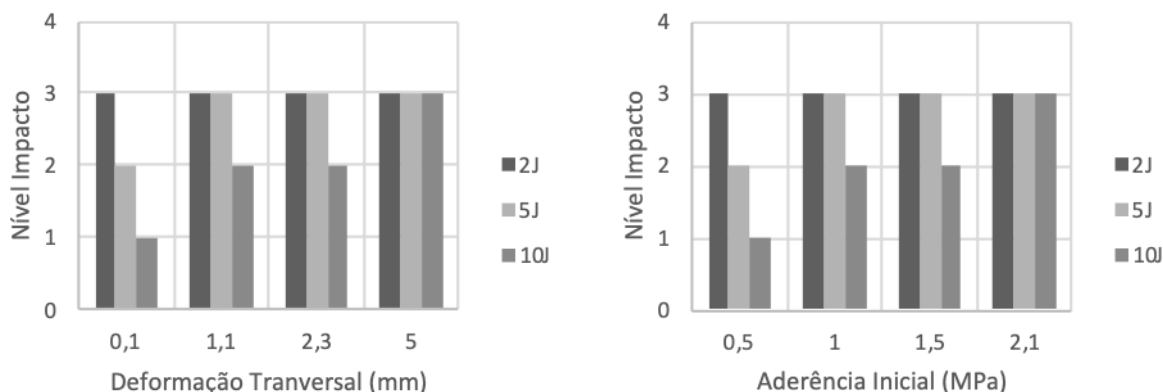
2 | Resultados relativos à aderência inicial por tração perpendicular (esquerda) e após ação do calor (direita), em função da percentagem de polímero (RDP) da argamassa-cola, para níveis respetivos de absorção de água do cerâmico (0,05 %, 0,5 %, 10 %).

3 | Resultados relativos ao nível de impacto, realizado para as várias argamassas-cola em função da percentagem mássica de RDP.

do frequentemente em argamassas com a mesma classificação segundo a EN 12004 ao nível de aderência), o teste de impacto permitiu diferenciar estes níveis, comprovando as expectativas de que, efetivamente, uma argamassa-cola com 2 % de polímero apresenta desempenho melhorado face a



3



uma argamassa com apenas 0,5 %. Assim, admite-se que a metodologia por ação de impacto de uma esfera em queda livre revela maior capacidade de diferenciação de argamassas-cola que o ensaio de tração perpendicular, para níveis de polímero entre 0,5 % e 2 %, corroborando que, não obstante valores de aderência similares na classe EN 12004, apresentam desempenho distinto, quando sujeitos a tensões adicionais como o próprio impacto. Por outro lado, para percentagens de polímero maiores, entre 2 % e 3,5 %, a metodologia não foi capaz de apresentar diferenciação entre ambos, tal como também se verifica para a deformação transversal, mas pode significar que poderá vir a revelar informação relevante para quantidades entre 3,5 % e 5 %, o que poderá constituir uma base sólida complementar, para os produtos realmente capazes de serem classificados como nível S1 (2,5 mm), em concordância efetiva com o desempenho em aplicações reais. Por isso, recomenda-se a continuidade de estudos nesse intervalo, assim como no intervalo entre 5 % e 10 % de polímero e respetiva equivalência ao nível S2 de deformação transversal (5 mm).

CONCLUSÕES

O ensaio de aderência por tração perpendicular permite, até certa medida, determinar compatibilidade entre os materiais cerâmicos e suporte com a argamassa-cola. Os resultados apresentados recordam a absorção de água dos elementos cerâmicos como fator-chave para decisão de compatibilidade de cerâmicos com argamassas-cola, provando que, mesmo utilizando materiais dentro do mesmo intervalo de absorção de água como 0,05 % e 0,5 %, os valores de aderência

podem realmente ser condicionados por esta diferença. A consequência pode ser a obtenção de classificações distintas para materiais similares a partir de dois laboratórios distintos, prejudicando a concorrência de soluções ou, mais grave, permitindo conclusões generalizadas sobre a adequabilidade de duas argamassas com igual classificação, mas diferentes na constituição ao nível de componentes relevantes, como o polímero, para determinada aplicação que, no caso de ser mais exigente (absorção de água menor, tensões de origem térmica...), poderá resultar em descolamento e desvalorização da solução de colagem de cerâmica. A aplicação da metodologia experimental baseada no teste de impacto, que se revela ser prática ao nível da sua preparação, conduziu a um conjunto de resultados capazes de diferenciar argamassas-cola a um nível, pelo menos, equivalente a metodologias normativas requeridas pela normalização aplicável – EN 12004 –, como a aderência e a deformação transversal. Os resultados obtidos até ao momento apenas permitem esta conclusão e ainda não asseguram capacidade para maior diferenciação ao nível de formulações, com pequenas diferenças ao nível da sua quantidade de polímero. Ainda assim, é inquestionável a sua utilidade, por exemplo, face aos resultados de deformação transversal, uma vez que a sua aplicação reflete condições próximas de situações de aplicação em obra, permitindo avaliar um sistema e não apenas um material isolado. Assim, os resultados prometedores, obtidos até ao momento, sugerem continuidade da sua aplicação e de análise de toda a informação que possa resultar, seguramente, mais-valia na decisão de adoção de formulações e na proposta de soluções em contexto real ■

4 | *Relação entre os resultados obtidos para o ensaio de impacto e os resultados obtidos a partir das propriedades definidas pela EN 12004 (aderência por tração perpendicular e deformação transversal).*

BIBLIOGRAFIA

[1] Ceramic tile on the forefront of architecture, a 10 Year Retrospective Words: Richard P. Goldberg AIA, CSI, NCARB, Architect-Professional Consultant International, LLC (PROCON).

[2] Silva, L. *et al* (2020). The evaluation of von Mises stress field in bonded tiling ceramics as function of the elastic modulus of the tile-adhesive and joint grout mortars, Proc IMechE Part L: J Materials: Design and Applications 0(0), p. 1-8.

[3] Jenni, A. *et al* (2005). Influence of polymers on microstructure and adhesive strength of cementitious tile adhesive mortars. *Cement and concrete research* 35, p. 35-50.

[4] Chew, M. Y. L. (1999). Factors affecting ceramic tile adhesion for external cladding. *Construction and Building Materials* 13 (5), p. 293-296.

[5] Lutz, H., Bayer, R. (2015). Dry mortars. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley Online Library. Hoboken, NJ, USA.

[6] Meyers, M. A., Kumar, C. K. (1998). *Mechanical Behaviors of Materials*. [S.l.], Prentice Hall.

[7] Simons, E.C., Weerheijm, J., Sluys, L. J. (2020). An experimental and numerical investigation of sphere impact on alumina ceramic. *International Journal of Impact Engineering*, 145: 103670.

[8] Sherman, D., Bem-Shushan, T. (1998). Quasi-static impact damage in confined ceramic tiles, *International Journal of Impact Engineering*, Vol. 21, n.º 4, p. 245-265.

[9] Fernandes *et al* (2022). A importância da avaliação de argamassas-cola, adicional aos requisitos da EN 12004. IV Simpósio Argamassas e Soluções Térmicas de Revestimento, Coimbra.