

O gretamento de placas cerâmicas esmaltadas revisitado

Fabio G. Melchiades¹, Anselmo O. Boschi²

¹ Centro de Revestimentos Cerâmicos – CRC, Parque Eco Tecnológico Damha I. Via de acesso 1. Unidade 34, CEP 13.565-254 - São Carlos, SP.

² Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luiz, Km 235, CEP 13574 970 - São Carlos, SP.

E-mails: tecnico@crceram.com.br; anselmo.ufscar@gmail.com

Sumário:

O gretamento de produtos cerâmicos esmaltados ocupou lugar de destaque nas pesquisas dedicadas aos materiais cerâmicos na primeira metade do século passado. Como fruto de excelentes trabalhos de muitos pesquisadores em todo o mundo, as condições que levam ao gretamento foram identificadas assim como as medidas necessárias para evitá-lo ou fazer com que ele ocorra. Entretanto, desde então, muita coisa mudou, tanto no que se refere aos processos produtivos, como aos produtos. É nesse contexto que se faz necessário revisitar o tema com o objetivo de atualizar o entendimento desse fenômeno nos processos e produtos atuais. Em vista da grande diversidade de produtos cerâmicos esmaltados, optou-se por focar nesta revisão as placas cerâmicas para revestimento (pisos e azulejos) e mais especificamente nos revestimentos porosos e semi-porosos, que são os que apresentam maior tendência ao gretamento, ainda que produtos mais vitrificados, como os porcelanatos, também possam manifestar essa patologia. A metodologia adotada foi baseada na revisão da literatura especializadas.

Palavras-chave: resistência ao gretamento, revestimentos cerâmicos, tração, esmaltes, retração de argamassas.

PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO

Como pode ser visto na Figura 1, as placas cerâmicas de revestimento produzidas industrialmente são tipicamente constituídas por três camadas: esmalte, engobe e suporte, sendo que cada uma desempenha um papel fundamental para que o conjunto apresente o desempenho desejado.

Alguns produtos específicos podem apresentar configurações diferentes, entretanto essa é a configuração da grande maioria dos revestimentos cerâmicos produzidos no Brasil, que são classificados como B11b pela norma ABNT NBR ISSO 13.006¹ e apresentam absorção de água compreendida entre 6,0% e 10,0%.

GRETAMENTO:

A norma ABNT NBR ISO 10545-11 define gretamento como *“trincas, semelhantes a fios de cabelo, limitadas à superfície esmaltada da placa”*. A Figura 2 apresenta imagens ilustrativas do gretamento manifestado em placas de revestimentos cerâmicos. O gretamento pode ser subdividido em dois

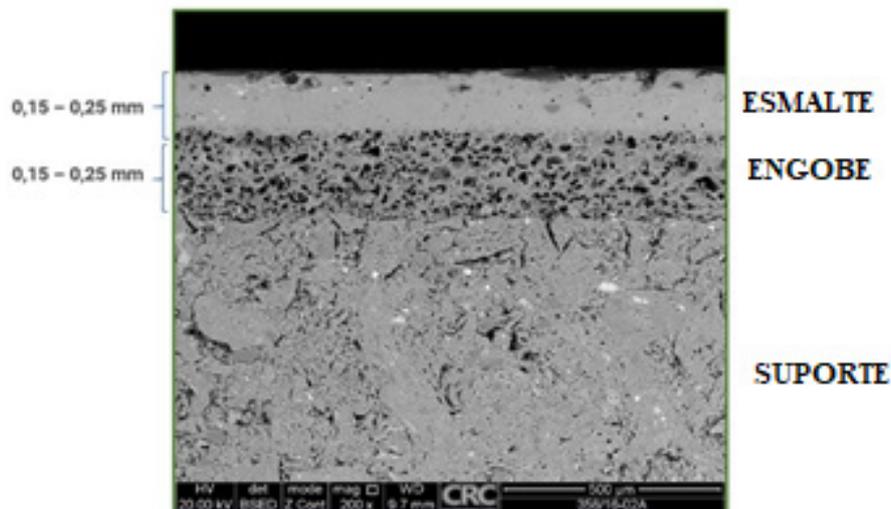


Figura 1: Secção transversal típica de revestimentos cerâmicos industriais com a identificação das três camadas, esmalte, engobe e suporte².

tipos: **1) gretamento imediato;** e **2) gretamento diferido ou retardado.** O gretamento imediato ocorre logo após a fabricação, ao passo que o diferido geralmente só aparece posteriormente³.

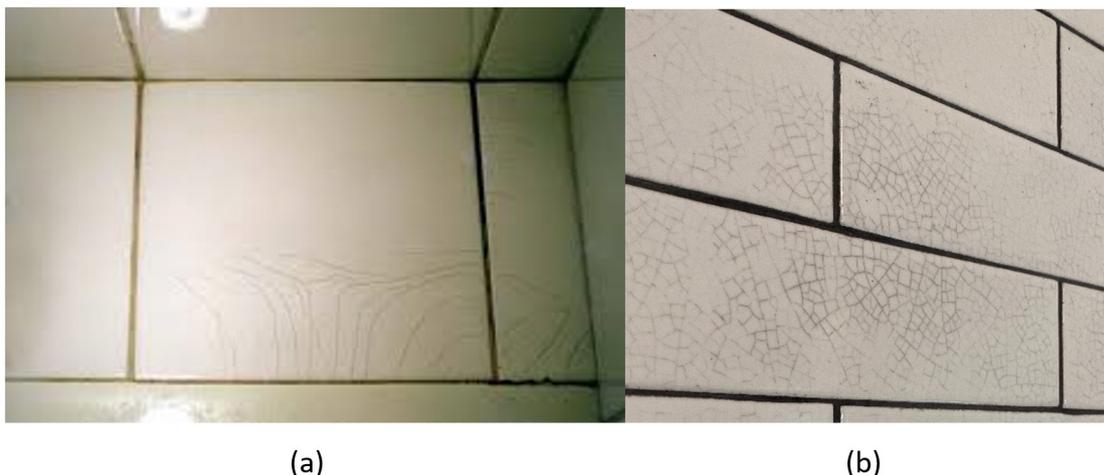


Figura 2: Imagens mostrando o gretamento de placa de revestimento cerâmico. (a) Instituto de promoción cerâmica; (b) Fireclay Tile.

Fonte: www.ipc.org.es; <https://www.fireclaytile.com/>.

POR QUE O GRETAMENTO É RELEVANTE?

A “aparência” é uma das características mais relevantes na escolha dos revestimentos cerâmicos. Nesse sentido, ao selecionar um determinado produto, em grande parte pelo seu *design*, o consumidor espera que o mesmo permaneça inalterado durante o uso. É nesse contexto que o gretamento é considerado um defeito e existe uma norma técnica que tem por objetivo assegurar que os revestimentos cerâmicos não têm esse vício de origem.

Em produtos de cerâmica artística (objetos de decoração), como pode-se ver na Figura 3, o gretamento, aqui denominado “efeito craquelado ou craquelê”, pode ser uma característica desejável e produzir objetos de grande beleza estética⁴. No entanto, para que o gretamento não seja tratado como manifestação patológica, é necessário que os fabricantes declarem a intencionalidade da sua manifestação nos esmaltes onde o efeito craquelado é almejado de forma intencional.

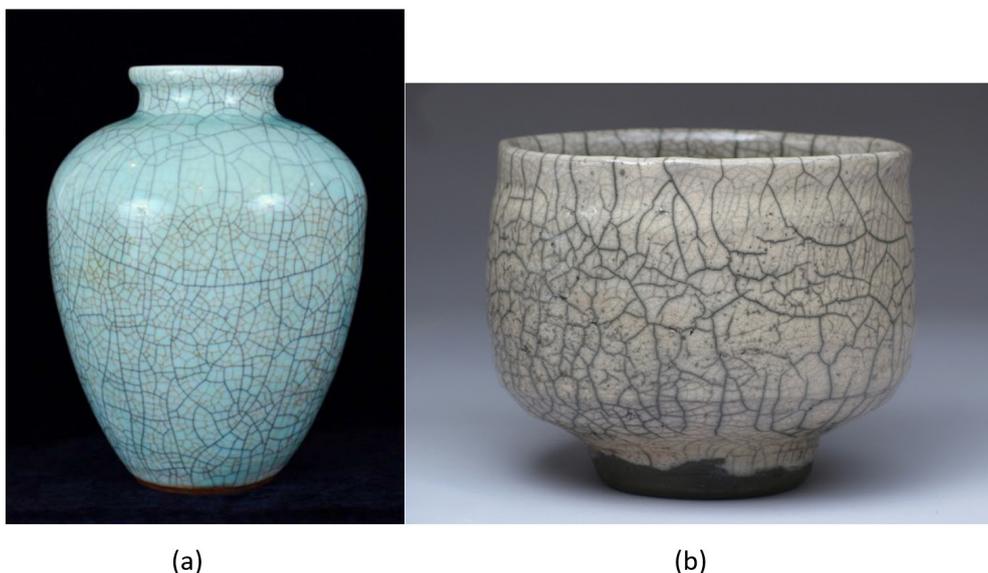


Figura 3: Objetos de arte com o “efeito craquelado ou craquelê”. (a) Vaso chinês do século 18; (b) Hamish Jackson Pottery.

Fonte: <http://www.dalvabrothers.com>; <https://www.hamishjacksonpottery.com>.

POR QUE O GRETAMENTO OCORRE?

Para responder a essa pergunta, primeiro é preciso abordar rapidamente o comportamento mecânico dos sólidos. Sob esse aspecto, os materiais são classificados como dúcteis e frágeis⁵. O ensaio clássico empregado para essa classificação é o levantamento da curva tensão x deformação. Nesse ensaio, corpos de prova confeccionados com o material de interesse são tensionados (geralmente tracionados) e a deformação sofrida pelos mesmos para cada nível de tensão é registrada. Como pode-se ver na Figura 4, a deformação plástica (permanente) sofrida pelos materiais frágeis é consideravelmente menor do que a deformação sofrida pelo dúcteis⁵. Ou seja, quando submetidos à tensão, os materiais frágeis se rompem (fratura) sem que haja uma deformação plástica (permanente) significativa. Assim sendo, de um modo geral, após a fratura as duas partes do material se encaixam quase que perfeitamente. Já os corpos de prova dos materiais dúcteis se deformam consideravelmente antes da fratura. Uma das características típicas dos materiais cerâmicos é justamente a fragilidade e, dentre eles, os vidros geralmente são os mais frágeis.



Figura 4: Representação ilustrativa dos comportamentos frágil e dúctil em curvas de tensão x deformação. (Adaptada da Wikipédia - <https://en.wikipedia.org/wiki/Brittleness>)

É importante enfatizar que o fato de um material ser frágil não implica que ele seja “fraco” (apresente baixa tensão de fratura). Uma característica peculiar dos materiais frágeis é o fato de que a resistência mecânica (tensão de fratura) dos mesmos varia consideravelmente em função da natureza do esforço solicitante (tração x compressão), sendo que via-de-regra a resistência à compressão é significativamente maior do que à tração⁶. Essa peculiaridade é uma consequência de dois fatores: 1) a concentração de tensões nas extremidades dos defeitos presentes; e 2) a incapacidade de aliviar essa concentração de tensões através da deformação plástica. A Figura 5-a mostra um corpo com dois defeitos estruturais, um central e outro na superfície, submetido a tração. A Figura 5-b apresenta a variação da intensidade da tração ao longo do plano que contém o defeito central, representado pela linha tracejada X-X', ilustrando a concentração de tensões na extremidade do defeito.

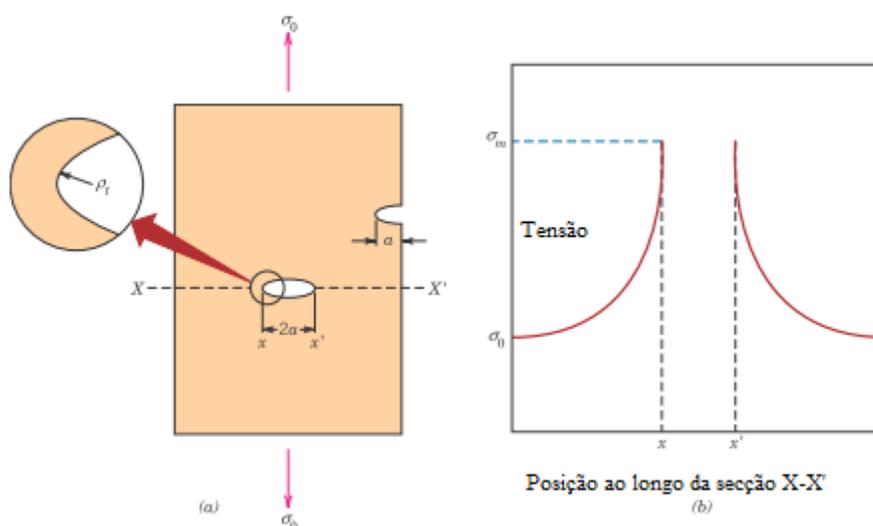


Figura 5: Representação esquemática mostrando a concentração de tensão na região de um defeito.⁵

Como mostra a Figura 6, mesmo quando submetido a compressão, a deformação elástica do material (reversível) transforma esse esforço em tração e eventualmente leva à ruptura do material.

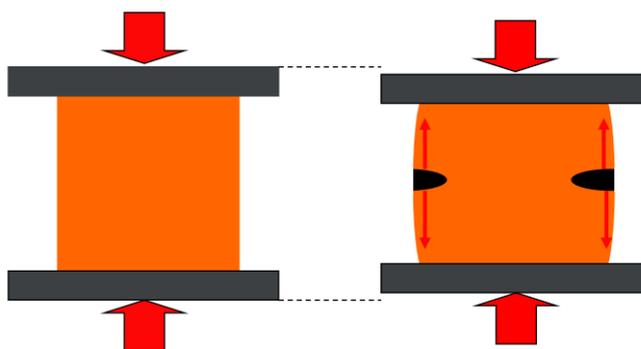


Figura 6: Representação esquemática mostrando como a deformação elástica do material frágil sob compressão transforma esse esforço em tração.⁷

Resumidamente, pode-se dizer que os materiais frágeis, como as cerâmicas e os vidros, são muito mais “fortes” (tensão de fratura mais elevada) quando submetidos à compressão do que à tração. Isso se deve ao fato de que quando submetidos à compressão os defeitos presentes, que atuam como concentradores de tensão, tendem a se fechar e, portanto, não se propagam.

Em vista do exposto acima pode-se afirmar que os materiais frágeis, como os materiais cerâmicos e os vidros, sempre se rompem devido a tração.

Cabe destacar que, a presença de defeitos estruturais nos materiais cerâmicos, responsáveis pela presença dos pontos concentradores de tensão, (Figura 5) são uma decorrência do processo de fabricação, conhecido como "rota do pó"⁸, empregada na fabricação de muitos produtos cerâmicos, inclusive as placas cerâmicas de revestimento.

POR QUE AS PLACAS CERÂMICAS GRETAM?

Em vista do exposto acima, pode-se deduzir que os esmaltes presentes na superfície das placas cerâmicas podem desenvolver pequenas trincas (gretamento) quando submetidos a tração. Nesse cenário, a seguir serão apresentados algumas das principais condições que podem deixar a camada de esmalte sobre tração.

1. Durante a fabricação (acordo massa – esmalte):

Na etapa da queima, durante a fabricação, as três camadas que constituem as placas cerâmicas sofrem uma série de reações e transformações que resultam na diminuição do tamanho das peças (retração)⁹. Entretanto, o esmalte se funde (ou amolece) nas temperaturas mais elevadas e alivia todas as tensões resultantes das retrações das camadas de engobe e suporte¹⁰. Durante o resfriamento, abaixo da temperatura conhecida como temperatura de transição vítrea (T_g), o esmalte passa a se comportar como um sólido e perde a capacidade que os líquidos têm de aliviar as tensões através da mudança de formato. Assim sendo, é durante a etapa final da queima, o resfriamento, quando via-de-regra os materiais diminuem de volume (retraem), que as diferenças entre os coeficientes de expansão térmica das três camadas, que agora estão fortemente aderidas, geralmente levam ao desenvolvimento de tensões¹¹. A Figura 7 apresenta as curvas dilatométricas de uma massa, que durante a queima se tornará o suporte, e de um esmalte durante todo o ciclo de queima. Pode-se notar que, nesse caso, ao final do resfriamento a retração do suporte é ligeiramente maior do que a do esmalte, o que deve fazer com que este último fique sobre uma ligeira compressão¹⁰. Esse é o comportamento desejado e as formulações e condições de fabricação são ajustadas para que isso ocorra, evitando assim o gretamento do esmalte.

Quando o esmalte retrai mais do que a massa durante o resfriamento, em situação oposta à representada na Figura 7, o produto tende a apresentar gretamento imediato ao final do processo de fabricação, visto que, nessa situação, o esmalte encontra-se submetido a esforços de tração. Quando a tensão de tração é superior à resistência à tração do esmalte, a superfície esmaltada manifesta o gretamento.

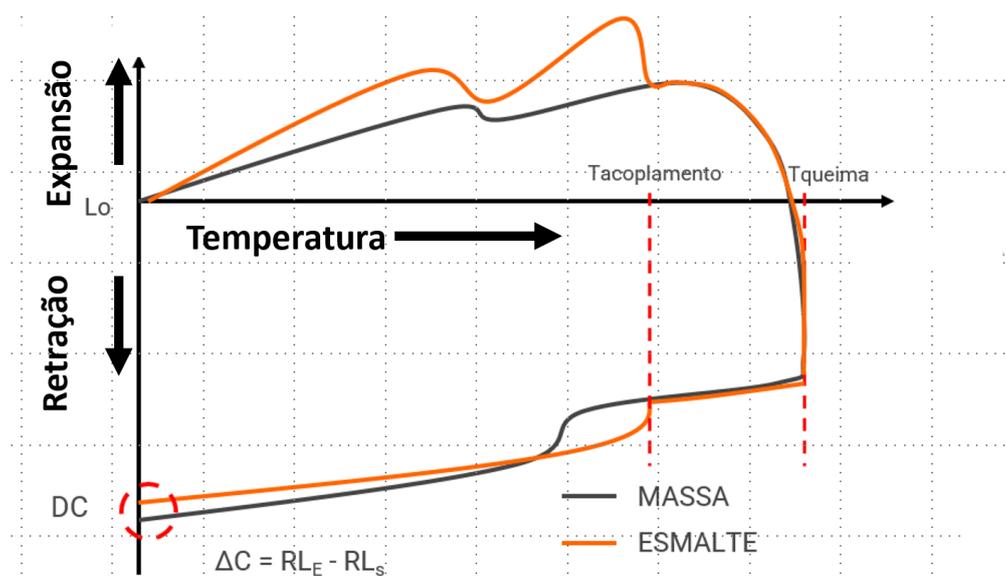


Figura 7: Curvas dilatométricas de uma massa, que dará origem ao suporte, e um esmalte com a indicação da diferença de retração entre eles durante o resfriamento.²

2. Após a fabricação e antes do assentamento – gretamento diferido:

Mesmo após terem sido submetidos a temperaturas extremamente elevadas durante a fabricação ($\geq 1100^{\circ}\text{C}$), os revestimentos cerâmicos podem apresentar uma ligeira expansão quando entram em contato com a água, geralmente na forma de vapor (umidade relativa do ar). Essa expansão é conhecida como expansão por umidade (EPU). Esse fenômeno não é exclusivo das placas cerâmicas e ocorre em praticamente todos os materiais.

Não cabe aqui entrar nos detalhes responsáveis pela EPU, visto que se trata de um tema também bastante abordado na literatura científica¹²⁻¹⁵. No que se refere especificamente ao gretamento, se o suporte se expandir devido a EPU, o estado de compressão a que o esmalte deveria estar submetido no final da fabricação, pode se transformar em tração e produzir o gretamento¹⁶. Para evitar que isso ocorra é que se recomenda que os parâmetros de fabricação sejam ajustados para assegurar que mesmo que o suporte se expanda ligeiramente devido à EPU, a camada de esmalte continue sobre ligeira compressão. Nesse contexto, cabe mencionar que a parte 10 da ABNT NBR ISO 10545, que trata da determinação da expansão por umidade, estabelece que o valor desse parâmetro deve ser acordado entre as partes e na ausência de valores acordados, o limite máximo de 0,06% (0,60 mm/m) é sugerido para a metodologia descrita, ainda que não seja um valor limite estabelecido por norma. Este último aspecto é bastante relevante, pois se outras metodologias ou condições de ensaio forem adotadas¹², esse valor de referência perde seu significado.

2. Tensões sobre placas assentadas – gretamento diferido:

Após o assentamento as placas cerâmicas passam a ser parte do sistema construtivo de revestimento ao qual foram aderidas. Assim sendo, o comportamento das outras partes que constituem esse sistema pode afetar as características originais das placas. Nesse contexto, Fiorito¹⁷ lista uma série de tensões que atuam sobre as placas cerâmicas: "a retração da argamassa que liga os elementos de alvenarias; a retração da argamassa utilizada no emboço ou no contrapiso; a deformação lenta do concreto da estrutura atuando, a dos pilares e vigas sobre os revestimentos verticais e, a das lajes, sobre os revestimentos dos pisos; recalque das fundações; as deformações originadas pela variação da umidade relativa do ar atuando sobre as argamassas endurecidas; a dilatação higroscópica dos elementos cerâmicos; as deformações originadas pela atuação de cargas acidentais sobre pisos; e evidentemente, as originadas por variações térmicas.". Em complementação a essa extensa lista de eventos que podem dar origem a tensões que atuam sobre as placas cerâmicas assentadas, vários autores^{3,16,18-20} mencionam a retração da argamassa em geral e mais especificamente as utilizadas para a fixação das placas cerâmicas como um dos principais fatores que podem tensionar as mesmas, alterando assim os esforços a que a camada de esmalte estava originalmente submetida.

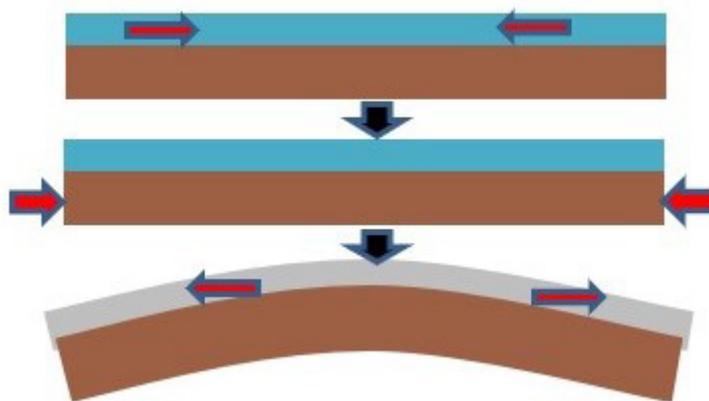


Figura 8: Representação esquemática mostrando a deformação da placa cerâmica causada pela retração da argamassa e a mudança do estado de tensão na camada de esmalte que inicialmente estava sob uma leve compressão e passa a tração.²

No caso específico da retração da argamassa utilizada para a fixação das placas, a mesma colocaria o suporte sob compressão e faria com que as placas se curvassem. Assim sendo, como ilustrado na Figura

8, as curvaturas desenvolvidas nas placas cerâmicas em função da retração da argamassa deixariam a camada de esmalte, que inicialmente estava sob ligeira compressão, sob tração. Essa condição, como visto anteriormente, aumenta significativamente a probabilidade do gretamento do esmalte.

A retração da argamassa (fenômeno relatado na literatura científica há mais de um século²¹) e consequentemente a tensão aplicada aos suportes das placas, depende fundamentalmente da sua composição e da espessura da camada aplicada^{16,18,21}. Por outro lado, a curvatura da placa, e consequentemente a tração aplicada à camada de esmalte, vai depender da rigidez da mesma. A rigidez, definida como a capacidade de um corpo resistir à deformação, depende das dimensões do sistema e do módulo de elasticidade do material. Nesse sentido é importante mencionar que a porosidade relativamente elevada das placas BIIb reduz consideravelmente o módulo de elasticidade do suporte das mesmas e a utilização de placas cerâmicas de espessura reduzida contribuem para aumentar a curvatura das placas e consequentemente a tração sobre a camada de esmalte.

Pelo exposto acima, fica claro que o fato de que peças já assentadas gretarem quando submetidas ao ensaio constante da norma ABNT NBR ISO 10545-11, para a determinação da resistência ao gretamento, não significa que as mesmas tinham vício de origem, ou seja, apresentariam os mesmos resultados antes de serem assentadas. Nesse sentido, cabe ainda mencionar as tensões a que as placas podem ter sido submetidas durante a retirada das peças assentadas, que podem ser intensas caso as placas tenham sido corretamente assentadas e estejam fortemente aderidas.

LIÇÕES DA ITÁLIA

A “Associazione Italiana Installatori di Ceramica – ASSOPOSA” (Associação Italiana dos Assentadores de Placas Cerâmicas) juntamente com o “Centro Ceramico” de Bologna, Itália, produziu uma publicação intitulada “Claims and Controversies in Ceramic Tile Fixing”²² (Reclamações e Controvérsias na Fixação de Placas Cerâmicas), justamente para definir as responsabilidades das diversas partes envolvidas nos litígios. No capítulo 4.5 dessa publicação intitulado “Crazes and cracks” (Gretamento e Trincas) está o trecho cuja tradução é apresentada a seguir.

“3.5.2. Causas e responsabilidade

O gretamento pode ser uma consequência de uma predisposição intrínseca das placas para este defeito; se submetido ao teste prescrito na norma europeia EN 105, essas placas mostrarão resistência ao gretamento pobre ou inadequada, então a responsabilidade pelo defeito pode ser atribuída somente ao fabricante da placa. Entretanto, não deve ser esquecido que algumas vezes, tensões de tração mecanicamente induzidas no esmalte, suficientes para causar o gretamento, são consequência direta da forma como a placa foi assentada. Por exemplo, o uso de argamassa excessivamente rica em cimento ou a aplicação localizada de uma espessura excessiva de argamassa colante são frequentemente a origem de tensões perigosas na superfície do esmalte. Essas são causas (e responsabilidades) que devem ser consideradas quando as placas demonstraram resistência ao gretamento de acordo com as especificações da norma previamente mencionada; a causa e responsabilidade então são atribuídas ao assentador das placas.

As mesmas conclusões podem ser aplicadas ao aparecimento de fissuras. Em suma, tanto gretamento e o surgimento de trincas são frequentemente defeitos intrínsecos das próprias placas, entretanto, em consideração ao fato de que eles não apareceram até que as placas fossem assentadas alguma responsabilidade da parte do assentador não deve ser excluída pois, mesmo que ele não tenha provocado diretamente o surgimento do defeito, ele pode pelo menos não ter feito tudo que podia para prevenir a ocorrência do defeito.

....

Mais uma vez, claramente, vale a pena que o assentador de placas guarde uma amostra representativa de placas não assentadas nas quais é possível constatar o defeito em questão, caso o mesmo seja das próprias placas.”

A ABNT NBR ISO 10545 (2020)¹

Muito embora a ABNT NBR ISO 10545 tenha 16 partes, é fundamental compreender que essas “partes” constituem um todo que deve ser coeso e coerente. Nesse sentido, a interpretação dos resultados de ensaios resultantes da aplicação da metodologia descrita em qualquer uma das partes precisa ser feita com muito cuidado para assegurar que os procedimentos adotados atendam à norma como um todo.

O objetivo da ABNT NBR ISO 10545 é detectar vícios de origem em placas cerâmicas para evitar que as mesmas venham a comprometer o desempenho dos sistemas construtivos de que farão parte.

A seleção das amostras é uma das etapas mais importantes de qualquer verificação, pois se as amostras estiverem comprometidas e/ou não forem representativas, os resultados obtidos não podem ser vistos como típicos do todo. Nesse sentido, a Parte 1 da ABNT NBR ISO 10545 trata da “Amostragem e critérios para aceitação” e a metodologia descrita se refere especificamente à coleta de amostras nos fabricantes e/ou estoques dos revendedores para assegurar a representatividade das mesmas e, conseqüentemente, a validade dos resultados obtidos. Nesse sentido, quando atentamos para os critérios de aceitação constantes da ABNT NBR ISO 10545-1, fica evidente que, em geral e mais especificamente na determinação da resistência ao gretamento, em consonância com o visto anteriormente, os resultados produzidos pela aplicação das metodologias descritas nas partes em peças isoladas e/ou extraídas após o assentamento não devem ser utilizados para avaliar o desempenho original das placas.

CONCLUSÕES:

Neste trabalho os principais aspectos relacionados ao gretamento de placas cerâmicas foram revistos e atualizados, cabendo destacar os aspectos indicados a seguir:

- A norma ABNT NBR ISO 10545-11 define gretamento como “*trincas, semelhantes a fios de cabelo, limitadas à superfície esmaltada da placa*”.
- Nos materiais frágeis, que praticamente não se deformam plasticamente, a resistência mecânica à tração é consideravelmente menor do que a compressão.
- Sendo a camada de esmalte um material tipicamente frágil, o gretamento ocorre quando a mesma se encontra sob tração.
- A ocorrência do gretamento pode ser de dois tipos: imediato; e diferido ou retardado.
- O gretamento imediato se dá nos produtos recém-fabricados devido à um inadequado acordo massa-esmalte.
- O gretamento diferido ou retardado ocorre por que o acordo massa-esmalte que existia originalmente foi alterado e a camada de esmalte agora está sob tração. Essa alteração pode ter várias causas, sendo que as mais comuns são a expansão por umidade (EPU) do suporte das placas e tensões exercidas pelos demais elementos que constituem o sistema construtivo.
- No que se refere especificamente ao gretamento, resultados de ensaios realizados em placas que já foram assentadas não podem ser interpretados como característicos das placas originais, pois estas, enquanto estavam assentadas, podem ter sido submetidas a tensões que alteraram a natureza (compressão x tração) e intensidade das forças atuando sobre as camadas de esmaltes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 13.006: **Placas cerâmicas — Definições, classificação, características e marcação**. 59 p. 2020.
2. MELCHIADES, F.G.; BOSCHI, A.O. Dilatação térmica e acoplamento massa-engobe-esmalte. **Apostila de curso de capacitação tecnológica**, ASPACER, Santa Gertrudes, 2016.
3. AMORÓS, J.L. et al. **Defectos de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos**. Instituto de Tecnología Cerámica - AICE, 1a Edición, Castellón, España, 1991, 169 p.
4. EPPLER, R.A.; EPPLER D.R. **Glazes and glass coatings**. The American Ceramic Society, 1st Edition, Ohio, USA, 2000. 332 p.

5. CALLISTER, W. D., RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução**, Editora LTC, 2000, p. 242.
6. RICHERSON, D. W., LEE, W. E. **Modern Ceramic Engineering: Properties, Processing, and Use in Design**, 4ª Edição, 1992, p. 178
7. MELCHIADES, F.G.; BOSCHI, A.O. Defeitos de fabricação em revestimentos cerâmicos. **Apostila de Curso de capacitação tecnológica**, ASPACER, Santa Gertrudes, 2016.
8. REED, J.S. **Principles of ceramics processing**. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition, New York, USA, 1995, 658 p.
9. MELCHIADES, F.G.; QUINTEIRO, E.; BOSCHI, A.O. A curva de gresificação. Parte I. **Cerâmica Industrial** v.1, n.4/5, p.30-31, 1997.
10. AMORÓS, J.L. et al. Acordo esmalte-suporte (I): A falta de acordo como causa do empenamento. **Cerâmica Industrial**, v. 1, n. 4/5, p. 06-13, 1996.
11. AMORÓS, J.L. et al. Acordo esmalte-suporte (II): Expansão térmica de suportes e esmaltes cerâmicos. **Cerâmica Industrial**, v. 2, n. 1/2, p. 08-16, 1997.
12. NASTRI, S. et al. A expansão por umidade (EPU) revisitada 20 anos depois: convivendo com a inevitabilidade da EPU. **Cerâmica Industrial**, v. 20, n. 1, p. 24-29, 2015.
13. CHIARI, L. et al. Expansão por umidade – parte I: o fenômeno. **Cerâmica Industrial**, v. 1, n. 1, p. 6-13, 1996.
14. BAUER, R. J. F. et al. Expansão por umidade de placas cerâmicas para revestimento. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n.3, p. 41-45, 2000.
15. BOWMAN, R. Melhorando a precisão das determinações da expansão por umidade. **Cerâmica Industrial**, v. 1, n.4/5, p. 25-29, 1996.
16. ENRIQUE, J.; BELTRÁN, V.; NEGRE, P.; FELIÚ, C. Acuerdo esmalte - soporte (VI). Determinación de la resistencia al cuarteo de piezas cerámicas. **Técnica Cerámica**, n.183, 1990.
17. Fiorito, A. J. S. I. - Manual de Argamassa e Revestimento, PINI Editora, 1994, p. 41.
18. BOWMAN, R. A work concept approach to determining crazing resistance. **Materials Science Forum**. v.34-36, p.1009-1017, 1988.
19. UHER, E. Strain development in wall tiles fixed to calcium silicate walls. **Materials Science Forum**. v. 34-36, p. 1023-1028, 1988.
20. WAN, W.C. Tiling Failures - A Chronic Problem Re-visited. **VIII World Congress on Ceramic Tile Quality**; P.GII 49 - 56, Castellón (Spain), 2004.
21. MELLOR, D.Sc. The settings of cement and the "buckling" of floor tiles. **Trans. British Ceramic Society**, v.6, p.123-127, 1906.
22. Palmonari, C., Timellini, G. – Claims and controversies in ceramic tile fixing – Ed. Centro Ceramico Bologna, Itália, 1986, p. 29.