

# Análise Crítica das Novas Normas Técnicas de Revestimentos Cerâmicos

## Capítulo Quarto: As Normas NBR sobre Execução de Revestimentos Cerâmicos (Procedimento)

### Corpo Técnico da Cerâmica Porto Ferreira

*Cerâmica Porto Ferreira Ltda.*

*Av. 24 de Outubro, nº 1, 13660-970 Porto Ferreira - SP*

*e-mail: sac-info@ceramicaportoferreira.com.br*

**Resumo:** A partir dos anos 50 ocorreu uma grande revolução tecnológica no setor dos revestimentos cerâmicos, atingindo materiais, processos e execução, o que invalidou as normas técnicas preexistentes sobre o assunto.

Sem definições válidas de qualidade, o mercado foi tomado por indecisões e inquietudes, especialmente nos anos 90 quando os novos produtos ultrapassaram, em volume, os tradicionais.

Novas e adequadas normas brasileiras já estão em vigor há algum tempo, com visíveis benefícios, mas o vulto das inovações foi de tal monta que perduram, até hoje, muitas dúvidas e até conceitos mal assimilados.

Neste trabalho faz-se uma breve resenha da matéria toda mas pondo em relevo e discutindo as controvérsias remanescentes e dando grande ênfase à conceituação.

**Palavras-chaves:** *cerâmicas, revestimentos cerâmicos, normas técnicas*

---

NBR 13753 (12/96) - Piso interno ou externo.

NBR 13754 (12/96) - Paredes internas.

NBR 13755 (12/96) - Paredes externas e fachadas.

---

Referências:

---

NBR 8214 (10/83) - Azulejos

NBR 9817 (05/87) - Pisos

---

## XVIII - Execução do Revestimento Cerâmico

### 1. Introdução

Sobre este tema não precisamos aqui nos deter demasiadamente porque:

- Trata-se de matéria da engenharia civil tradicional, já perfeitamente estudada, conhecida e assimilada, inclusive por mestres de obra, pedreiros e assentadores.
- Com relação à execução de revestimentos com argamassa convencional, os procedimentos estão normatizados no Brasil desde muitos anos, principalmente pelas NBR 8214 (de 10/83) e NBR 9817 (de 05/87),

que são hoje referências das atuais NBR 13753, NBR 13754 e NBR 13755 (de 12/96), as quais tratam especificamente dos revestimentos com argamassa colante.

- Com relação a estas últimas normas (execução de revestimentos com argamassa colante) as alterações que introduzem são apenas de detalhes. E do básico já tratamos, com certa profundidade, sobretudo nas partes I a VII do Capítulo Primeiro.
- No entanto, alguns temas ainda precisam ser abordados. É o que faremos em seguida, e como sempre, em todo este trabalho, preocupados acima de tudo com o aspecto conceitual.

### 2. Camadas de impermeabilização e de separação

Todo revestimento horizontal (ou seja, sobre pavimento), que tenha contato freqüente com água, seja pela face superior, seja pela face inferior, precisa de impermeabilização posto que, como já observamos atrás, ele mesmo não é impermeável (V. Parte IV-3). É o caso de revestimentos:

- Sobre laje de cobertura e de terraços.

- Sobre lastro do térreo em terreno sujeito a infiltrações.
- Sobre pátios.
- Sujeitos a freqüentes lavagens (copa, cozinha, etc.).
- Sujeitos à presença constante de água (banheiros, lavanderias, piscinas, certas instalações industriais, etc.).

A impermeabilização pode ser realizada com aditivos aplicados à base de concreto ou ao contrapiso de argamassa mas pode também ser realizada com membrana asfáltica ou de polímeros. Esta é sempre colocada sobre a base regularizada e sob uma camada de argamassa de proteção de cerca de 15 mm de espessura.

A camada de separação tem por finalidade evitar que deformações da base gerem esforços no contrapiso e na capa cerâmica; para tanto, ela deve ser aplicada sobre a camada de regularização. Quando porém a base for despenada imediatamente após concretagem, a membrana de separação pode ser aplicada diretamente sobre a laje, dis-

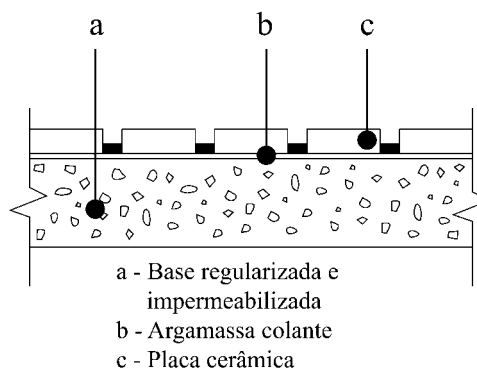
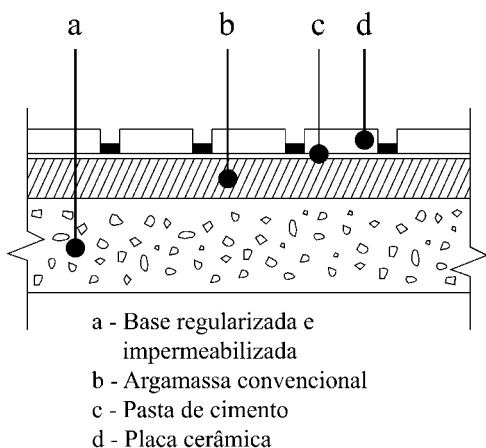
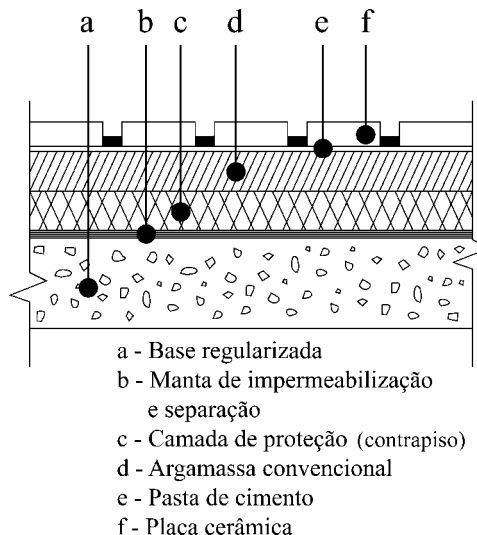
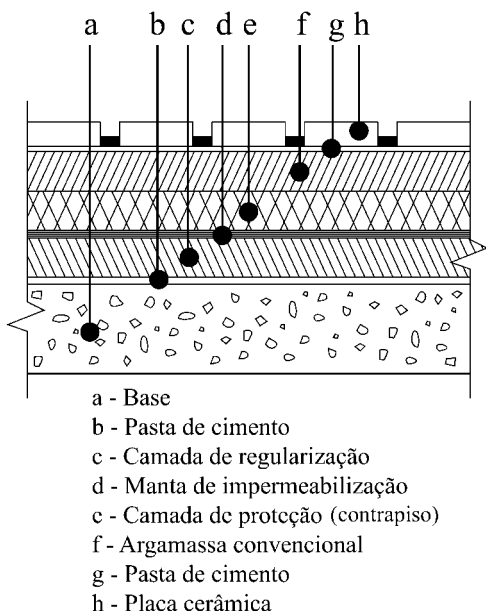
pensando-se a camada de regularização. Neste caso, a membrana de separação funciona também como de impermeabilização.

A camada de separação precisa existir apenas em circunstâncias gravosas como, por exemplo, no caso de cura insuficiente da base ou possíveis fortes deflexões desta.

As membranas utilizadas para impermeabilização ou separação podem ser de vários materiais como, por exemplo: papel Kraft com gramatura igual ou superior a 80 g/m<sup>2</sup>, feltro asfáltico com gramatura mínima de 250 gr/m<sup>2</sup>, filme de polietileno com espessura mínima de 0,1 mm, etc.

A aplicação de papel, manta, filme, etc. deve ser feita por etapas, concomitantemente com o assentamento das placas cerâmicas; em caso contrário a manta deve ser protegida contra danos que poderão ocorrer durante o assentamento.

Após essas considerações podemos dar alguns tipos de estrutura de revestimento com intermediárias (V. Parte III).



### 3. Juntas de assentamento

As normas vigentes (NBR 13753 a 13755, de 1996) para a execução de revestimentos cerâmicos, não prescrevem larguras para as juntas de assentamento, deixando tal especificação para os fabricantes de placas cerâmicas.

Antes do advento da norma internacional ISO 13006 (94) atribuía-se grande importância ao papel que a junta de assentamento teria na acomodação da expansão por umidade da cerâmica, o que tornava sua largura coisa importante e objeto de normatização. Mas a ISO 13006 liquidou o “mito da EPU” e hoje a junta de assentamento constitui apenas uma garantia suplementar de estabilidade além de atender a outras finalidades (enumeradas na Parte V-2 do Capítulo Primeiro). A acomodação da EPU, como vimos na Parte V-3, pode ficar inteiramente a cargo da junta de movimentação, algo bastante fácil.

As antigas normas NBR 8214 (1983, azulejos) e NBR 9817 (1987, pisos) estabeleciam larguras de juntas de assentamento segundo uma única regra: Sendo  $L$  o lado maior da placa e  $l$  a largura mínima da junta,

$$l = 0,01 L$$

Para a junta atender bem a suas diversas finalidades, consideramos essa uma boa indicação. No entanto a prescrição que vale é a do fabricante das placas cerâmicas. A propósito, há hoje no mercado, placas para parede, de grandes dimensões (até 60 cm ou mais) que vêm retificadas para uso sem qualquer junta de assentamento.

Um detalhe: Para ambientes externos, as citadas normas antigas NBR 8214 e NBR 9817, prescrevem o um por cento do lado maior da placa acrescido de um milímetro. Trata-se de preocupação certamente derivada do famoso “mito da EPU”, que não tem mais qualquer sentido.

### 4. Juntas de movimentação

As normas vigentes para execução de revestimentos cerâmicos, as NBR 13753 a 13755 (1996), prescrevem que as juntas de movimentação sejam calculadas de acordo com os fatores em jogo, tal como vimos na parte V - 3. Mas esse cálculo não é necessário.

De fato, tal como demonstramos na parte V-3, na pior hipótese, a parte de EPU a acomodar é de 0,5 mm/m o que se realiza com uma junta 3 vezes maior, ou seja, proporcional a 1,5 mm/m. Isso significa que uma junta de 12 mm de largura acomodará 8 m de revestimento, distância máxima admitida pela norma entre juntas. Então, se adotarmos como regra realizar uma junta de movimentação de 12 mm de largura a cada 8 m absorveremos toda a parte de EPU residual.

A norma, por precaução, admite panos de 32 m<sup>2</sup> com lado máximo de 8 m para o caso de revestimentos internos e panos de 20 m<sup>2</sup> com lado máximo de 4 m para o caso de revestimentos externos. Desse modo, a junta de movimen-

tação com 12 mm de largura estará superdimensionada na totalidade dos casos concretos que se apresentem, dispensando cálculos.

Note-se que a antiga norma NBR 9817 prescrevia panos, em pavimentos, de 50 m<sup>2</sup> com lado máximo de 8 m para ambientes internos e panos de 20 m<sup>2</sup> com lado máximo de 5 m em ambientes externos. Por outro lado a antiga norma NBR 8214 previa panos, em paredes, de 32 m<sup>2</sup> com lado máximo de 8 m em ambientes internos, e 20 m<sup>2</sup> com lado máximo de 6 m em paredes externas. Como se vê, estas prescrições são bem menos exigentes que as atuais e têm base em cálculos procedentes; isso aumenta a margem de segurança da junta de 12 mm de largura e indica que, em muitos casos, a junta de 10 mm é mais que suficiente, tal como afirmamos na Parte V-3.

Em paredes externas e fachadas a norma prescreve uma junta de movimentação horizontal a cada pé direito no contato encunhamento/concreto e uma junta vertical a cada 6 metros, no máximo. Nos pavimentos, sempre que houver mudança do material da base também é necessário aplicar uma junta de movimentação no revestimento: também, nas grandes áreas, deve-se aplicar uma junta de movimentação nos pontos de momento fletor máximo, positivo ou negativo.

### 5. Juntas de dessolidarização

Sempre que um pavimento exigir junta de movimentação (panos superiores a 32 m<sup>2</sup>) deverá receber juntas de dessolidarização tal como descrito na parte V-4.

### 6. Prazos

Na execução de revestimentos cerâmicos as normas (NBR 13753 a 13755) estabelecem algumas regras quanto a prazos:

- Cada camada é executada após 7 dias de cura da anterior.
- O assentamento sobre pavimentos é feito após 14 dias de cura do contrapiso.
- O assentamento sobre paredes é feito após 7 dias de cura do emboço.
- O rejuntamento é feito sempre 3 dias após o assentamento.

Assim, se temos base de concreto, camada de regularização e contrapiso, o assentamento será executado  $7 + 7 + 14 = 28$  dias após concretagem da base; se temos base de alvenaria, camada de regularização e emboço, o assentamento será executado  $7 + 7 = 14$  dias após execução da camada de regularização.

Para qualquer revestimento, tenha quantas camadas tiver, é pois fácil prever o tempo de execução.

Há dois prazos mais, fixados pela norma: 7 dias para se caminhar sobre o revestimento rejuntado e mais 7 dias para a limpeza final. Assim, um pavimento simples como o

imaginado acima (base de concreto, camada de regularização e contrapiso) demanda  $28 + 3 + 14 = 45$  dias, a contar da concretagem da laje, para ser entregue ao uso.

Numa obra em construção não é difícil programar e seguir esses prazos regulamentares. Mas numa reforma em edificação pronta e em uso, a observância de todos esses prazos da norma seria demasiadamente incômodo. Quando, mais adiante, tratarmos das reformas de revestimentos e sua substituição, veremos que há modos inteligentes de abreviar muitíssimo sua execução.

### 7. Caimento dos pavimentos

As normas (NBR 13753 e NBR 9817) prevêem os seguintes caimentos:

Áreas secas (salas, dormitórios, etc.)	0,0 a 0,5%
Áreas molhadas (banho, copa, cozinha, etc.)	0,5 a 1,5%
Áreas externas (terraço, calçada, etc.)	1,0 a 1,5%
Box de chuveiro	1,5 a 2,5%
Projeto em nível (desvio admitido)	máx. 0,1%

### 8. Prumo

As normas (NBR 13754, NBR 13755 e NBR 8214) estabelecem que quando o desvio do prumo da base (parede) é maior que  $L/600$  (onde  $L$  é sua altura) é preciso executar uma camada de regularização antes do emboço. Para desvios menores o próprio emboço pode realizar a correção do prumo.

### 9. Reforma de revestimento sobre pavimento

Para substituir um revestimento sobre pavimento não é necessário remover a argamassa convencional grossa ou a argamassa colante delgada existente. Basta retirar as placas cerâmicas, o que é relativamente fácil, limpo, rápido e barato. Aliás, a remoção de argamassas de assentamento tem que ser feita com marreta pesada e isso abala o contrapiso o que obriga sua remoção também, tornando o processo complicado, demorado e dispendioso ao extremo.

Retiradas as placas, a superfície exposta apresenta-se irregular, inclusive exibindo o negativo da muratura do piso antigo. Sobre tal superfície o assentador aplica uma leve camada da própria argamassa colante nova, apenas o suficiente para aplainá-la. Esta operação é feita pouco a pouco, fiada por fiada; com pequena régua de madeira essa camada delgada é sarrafeada, com o que fica apta para receber as novas placas.

O assentamento destas placas é feito pelo sistema de aplicar a argamassa colante no tardo e penteá-la com a desempenadeira denteada. Em seguida as placas são assentadas peça a peça, para cada linha, sobre a superfície já preparada. Este assentamento é feito encostando cada placa em uma guia-apoio constituída por uma régua de alumínio (seção retangular  $5 \times 2$  cm) a qual é afastada, para cada

linha, com auxílio de espaçadores que têm a medida exata do lado da placa mais a largura da junta (um módulo, v. VIII-1). O alinhamento assim fica perfeito e o assentamento é muito rápido, podendo atingir  $20 \text{ m}^2$  por assentador em um dia normal de trabalho, ou o dobro se se trata de grandes áreas.

Até esse momento a única água introduzida no processo foi somente aquela de assentamento da argamassa colante, a qual é rapidamente difundida nos materiais inteiramente secos do substrato e das placas, sem deixar qualquer excesso que possa resultar em temporárias “manchas d’água”; daí resulta que o rejuntamento não precisa aguardar a evaporação de excessos, já que estes não existem. A consequência é que, no mesmo dia do assentamento executa-se o rejuntamento.

Esta operação de rejuntar também é feita com tão pouca água quanto possível para não introduzir, por seu lado, algum excesso gravoso. O assentador prepara o rejunte com consistência de pasta e o aplica com espátula nas juntas, assegurando perfeito preenchimento destas, mesmo sem umidecê-las previamente. Imediatamente após aplicação do rejunte este é frisado com haste de madeira macia arredondada. Os excessos de rejunte aderidos às placas são removidos com uma esponja fina de aço e em seguida varridos com vassoura comum. O caminhamento sobre o novo revestimento assim executado pode ser feito, com cuidado, poucos minutos após o assentamento; a aplicação do rejunte faz-se sem proteção de tábuas. Após uma noite de repouso o revestimento pode ser usado normalmente, inclusive pode receber os móveis e equipamentos que haviam sido retirados para execução da reforma.

Esse conjunto de técnicas recompõe a cota e o caimento anteriores, mesmo no caso de pequenas variações de espessura entre as placas antigas e as novas, as quais são facilmente compensadas. Assim não há problemas com soleiras, portas, rodapés, etc.

Detalhes:

- A régua de alumínio, depois de posicionada para execução de uma linha (com o auxílio de espaçadores modulares) é estabilizada com algum corpo pesado ou, simplesmente, com o pé do assentador no momento de instalar uma placa.
- Dois régua de alumínio, com os comprimentos de 3 e 2 metros atendem a todas as necessidades comuns.
- Se uma linha de placas excede o comprimento da régua, esta é reposicionada mais adiante em movimento longitudinal, sempre com o auxílio de espaçadores, tantas vezes quantas forem necessárias.

Há quem advogue outro sistema de reforma de revestimentos cerâmicos, o de assentar “cerâmica sobre cerâmica”, o “tile over tile” dos americanos. Mas este sistema altera a cota e cria problemas de ajuste nas soleiras, portas e rodapés. Além do mais, se tomado como regra, alteraria perigosamente o peso dos edifícios. Este sistema

é talvez recomendável se a nova placa é bem delgada (de PVC, por exemplo) e aplicada sobre capa bem regular e de cota favorável; trata-se mais de uma mudança de estilo que uma necessidade técnica. Por essas razões descartamos o “tile over tile”.

### 10. Reforma de revestimento sobre parede

Sugerimos, para a substituição de revestimento sobre parede, o mesmo sistema descrito acima para o caso de revestimento sobre pavimento mas com um detalhe importante: o assentamento deve ser feito de cima para baixo e não, como tradicionalmente, de baixo para cima.

A justificativa é a seguinte: A régua de alumínio constitui um apoio muito perfeito e confiável para cada fiada, mantém alinhamento horizontal preciso, elimina eventual deslizamento da argamassa (v. parte XVII-3) de assentamento e facilita enormemente o trabalho do assentador permitindo-lhe produtividade igual ou melhor que a obtida no processo tradicional.

Com prévia paginação da parede pode-se deixar para a fiada superior as placas cortadas, tal como acontecia no assentamento tradicional, de baixo para cima. Mas pode-se deixar para a fiada inferior as placas cortadas, o que esteticamente, é preferível (a irregularidade na raiz parece-nos mais “natural”).

É interessante notar que o sistema aqui preconizado para o assentamento, tanto em pavimento como em parede, previne danos resultantes de eventual deficiência da argamassa colante usada. De fato, a aplicação de argamassa no tardo, placa a placa, dispensa o tempo em aberto elevado; e o assentamento apoiado em régua dispensa baixo deslizamento, no caso de paredes.

A régua de madeira, instrumento tradicional do pedreiro, sujeita a deformações, não era adequada para ser guia e apoio das placas cerâmicas no seu assentamento. Daí a prática de fazer cada fiada apoiar-se na anterior através de espaçadores (com espessura igual à largura da junta de assentamento). Foi o advento moderno dos perfis de alumínio que nos trouxe a régua aqui adotada, leve, durável, perfeitamente alinhada e barata, a qual permitiu o desenvolvimento do sistema, de altíssima eficiência.

Detalhe: Sobre parede, a régua de alumínio, depois de posicionada para execução de uma linha (com o auxílio de espaçadores modulares) é estabilizada com pregos adequados, sobre os quais possa deslizar para alongamentos necessários.

### 11. Execução de revestimento novo

Com o emboço e o contrapiso já devidamente curados, integralmente respeitados os prazos mínimos da norma (v. XVIII-6), e até, muitas vezes, por conveniência ultrapassados, seguem-se as operações de assentamento das placas cerâmicas, seu rejunte e limpeza.

Estas devem ser executadas segundo as técnicas sugeridas em XVIII-9 e XVIII-10 acima para, respectivamente, pavimento e parede, as quais são muito vantajosas. Os prazos de 3 dias para rejuntar, 7 dias para caminhar sobre o revestimento e mais 7 dias para limpeza final, são dispensáveis, como vimos, posto que o sistema introduz muito pouca água e o substrato está perfeitamente seco e estabilizado. Na obra em construção o que mais preocupa é a proteção do revestimento contra possíveis agressões mecânicas ou químicas; quanto mais depressa terminado e protegido com qualquer tipo de cobertura como mantas, papel, tábuas, etc. melhor.

### 12. Projeto - Um guia indispensável para a execução

Todo revestimento exige projeto próprio que indique, quando for o caso:

- Cota e caimento (v. XVIII-7).
- Largura e localização das juntas de movimentação, dessolidarização e estruturais (v. partes II, III, IV, V, VI e XVIII-4 e 5).
- Existência de camadas intermediárias, sua localização no multiestrato, sua natureza e espessura (v. partes II, III, IV, V, VI e XVIII-2).
- Prazos de cura para a base e camadas projetadas (v. XVIII-6).
- Se se trata de revestimento com características especiais (solicitações mecânicas, térmicas, higroscópicas e químicas severas, não usuais) especificando quais (v. partes IV e XVIII-2).
- Especificações para os diversos materiais a empregar, as quais devem ser elaboradas com respeito às seguintes considerações:

#### a. Escolha da placa cerâmica

As modernas placas cerâmicas para revestimento variam muito em características técnicas de modo a atenderem eficazmente às exigências de qualquer aplicação, residencial ou pública, interna ou externa, nos mais variados climas e sob quaisquer condições de uso.

Então, para cada caso concreto que se apresente, uma criteriosa escolha tem que ser feita.

Para os revestimentos normais, aqueles que perfazem mais de 90% do total e estão sujeitos a solicitações mecânicas, térmicas, higroscópicas e químicas usuais, consulte a parte XIV (Especificações de uso recomendadas).

Para revestimentos especiais, de incidência muito pequena e sujeitos a solicitações mecânicas, térmicas, higroscópicas e químicas severas, não usuais, consulte, além da parte XIV já mencionada, as partes IV, X, XI, XIII e XVIII-2. Em caso de dúvida consulte seu fornecedor e até mesmo o fabricante.

Esclareça-se que as solicitações mecânicas, térmicas, higroscópicas e químicas às quais estão sujeitos os revesti-

mentos nas suas variadas aplicações podem ser decompostas como segue:

- Mecânicas - Flexão, compressão, abrasão, atrito, impacto, cisalhamento, flambagem, etc.
- Térmicas - Temperaturas extremas, choque térmico, congelamento, etc.
- Higroscópicas - Presença de água e seu vapor que resultam em absorção e adsorção com expansão (EPU) e esforços correlatos (se contida).
- Químicas - Manchamento, ataque químico, etc.

#### *b. Escolha da argamassa de assentamento*

A argamassa convencional, de cimento, cal e areia (ou somente de cimento e areia) preparada na obra, vem caindo em desuso, principalmente depois que a argamassa colante (“dry set mortar”) foi normatizada no Brasil (04/1998) liquidando as de má qualidade que invadiam, então, o mercado.

Admite-se assim que a escolha deve recair sobre argamassas colantes.

Para revestimentos normais (definidos logo acima) a especificação flui diretamente da parte XV (Classificação das argamassas colantes).

Para revestimentos especiais (também definidos acima) consulte seu fornecedor e, em caso de dúvida, o fabricante.

#### *c. Escolha do rejunte*

Os rejuntas ainda não estão normatizados no Brasil.

Então, para revestimentos normais consulte seu fornecedor e, para revestimentos especiais consulte inicialmente seu fornecedor e, em caso de dúvida, consulte o fabricante.

#### *d. Escolha dos materiais de enchimento e selante*

Os vários materiais para juntas de movimentação, de dessolidarização e estruturais não estão normatizados no Brasil.

Então, para revestimentos normais consulte seu fornecedor e, para revestimentos especiais consulte inicialmente seu fornecedor e, em caso de dúvida, consulte o fabricante.

Nota: Para as escolhas b, c e d consulte as partes IV (Revestimentos especiais) e V (Juntas do revestimento cerâmico) a fim de ter presentes os diversos tipos de problemas que podem surgir.

#### *e. Recebimento das placas cerâmicas*

- Certifique-se de que a placa entregue confere com a do projeto atentando principalmente para: classe de absorção (parte IX), tamanho nominal (parte VIII), resistência à abrasão, PEI (parte 14 e Anexo A, ao final deste trabalho) e qualidade.
- Verifique se todas as caixas têm os mesmos códigos de tamanho real (parte VIII) e tonalidade.
- Armazene as caixas em local seco.
- Ao assentar as placas misture as de diversas caixas para obter melhor efeito visual.

#### *f. Recebimento da argamassa colante*

- Certifique-se de que a argamassa recebida confere com a do projeto atentando principalmente para: Classificação (parte XV), data de fabricação e prazo de validade (v. parte XVI).
- Armazene os sacos em lugar seco.
- Para utilizar a argamassa siga as instruções do fabricante quanto a água de amassamento, tempo de maturação e aplicação.

#### *g. Recebimento do rejunte e dos materiais de enchimento e selante*

- Certifique-se de que os rejuntas e demais materiais para as juntas de movimentação, de dessolidarização e estruturais que foram entregues conferem com as do projeto.
- Siga as instruções do fabricante com relação a estocagem, manuseio e aplicação, impressas na embalagem ou na literatura. Em caso de dúvida consulte seu fornecedor ou até o fabricante.

## Anexo A

### Informe especial sobre resistência à abrasão superficial

Devido à grande importância do tema e às discussões levantadas no ambiente tecnológico brasileiro sobre a conveniência ou não de oficializarmos o uso de dois métodos de ensaio, o dos índices PEI e o da Escala Mohs, vamos abordá-lo aqui com um pouco mais de profundidade.

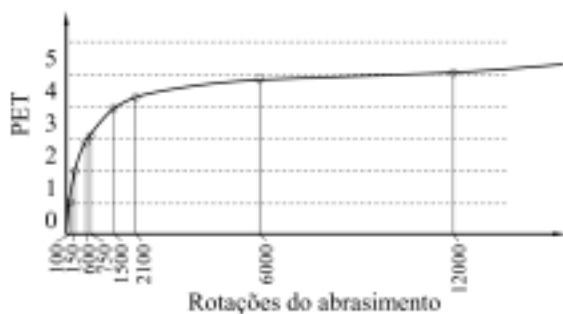
Uma placa cerâmica esmaltada, quando submetida à abrasão sofre micro-incisões desde o primeiro instante. Porém, somente após certo tempo tais incisões, acumulando-se e aprofundando-se, tornam-se visíveis ao olho humano. Quanto maior esse tempo, maior a resistência à abrasão.

O Porcelain Enamel Institute (Instituto de Esmaltação de Chapas Metálicas) desenvolveu um ensaio-padrão para quantificar esse tempo, de modo a poder-se comparar, com a melhor precisão possível, diferentes superfícies esmaltadas quanto à sua resistência à abrasão. O abrasivo, o aparelho para aplicá-lo (o abrasímetro) e seu modo de operar foram padronizados assim como as condições de observação final (distância, iluminação, etc.).

Oito tempos significativos (convertidos em número de rotações do abrasímetro que gira a 300 rpm) foram detectados e convertidos em seis faixas referenciais - os índices denominados PEI - conforme mostra a tabela abaixo:

Desgaste visível a (rotações)	Índices de resistência à abrasão (PEI)
100	0
150	1
600	2
750 - 1500	3
2100 - 6000 - 12000	4
Mais que 12.000 e com Resistência à mancha 4 ou 5	5

É interessante notar que as rotações significativas (os oito pontos detectados) definem uma curva (em função do PEI) cujo último ramo é quase horizontal, isto é, acima de 12000 rotações pouco ou nada aumenta o ataque à superfície.



A definição estabelecida para os diferentes PEI é a seguinte:

PEI 0 - Para uso somente em parede.

PEI 1 - Para áreas como banheiros e dormitórios residenciais sem comunicação direta com o exterior, pisadas somente com pés descalços ou com calçados normais mas sem resíduos abrasivos.

PEI 2 - Para salas residenciais, excluídas copas, cozinhas, entradas ou peças de maior tráfego como corredores. Para serem pisadas com calçados normais com eventuais pequenas quantidades de resíduos abrasivos.

PEI 3 - Para cozinhas residenciais, vestíbulos, corredores, galerias, pórticos e terraços. Para serem pisadas com calçados normais, usualmente com pequenas quantidades de resíduos abrasivos.

PEI 4 - Para peças em contato com o exterior ou que recebem tráfego já considerável como, por exemplo, entradas, cozinhas comerciais, salas de hotel, saguões, salões de exposição e vendas. Para serem pisadas com calçados comuns, usualmente portadores de resíduos abrasivos.

PEI 5 - Para áreas públicas assim como as de shopping centers, aeroportos, salões de hotel e teatros, calçadas e espaços industriais. Adequado para áreas de tráfego severo de pessoas, por períodos longos sempre com algum resíduo abrasivo nos calçados; portanto sob as mais severas condições compatíveis com o emprego de superfícies esmaltadas.

Notas:

- As áreas revestidas com placas cerâmicas esmaltadas devem sempre ser protegidas dos resíduos abrasivos na entrada dos edifícios e casas, onde devem ser colocados capachos adequados.
- Em casos extremos de tráfego muito intenso e com quantidades consideráveis de resíduos abrasivos, deve-se especificar placas cerâmicas, não esmaltadas nem polidas, do grupo I (absorção até 3%).

Antes de terem sido criados os índices PEI, a única maneira de avaliar a resistência à abrasão era a usada em mineralogia: a escala Mohs (estabelecida em 1812 por Friedrich Mohs). Dez minerais, do talco ao diamante, formam uma série de crescente dureza superficial, cada um sendo capaz de riscar a superfície do anterior. O número do minério mais alto na escala que não risca a superfície em exame, define a dureza desta.

Os minérios da escala Mohs são os seguintes:

1. Talco
2. Gipsita
3. Calcita
4. Fluorita
5. Apatita
6. Feldspato
7. Quartzo
8. Topázio

9. Corindon

10. Diamante

É de quartzo o resíduo abrasivo mais comum. Corindon é o abrasivo utilizado na medida do PEI. Diamante é o material mais duro existente, o que risca todos os demais.

O teste com a escala Mohs depende muito do observador, de sua avaliação subjetiva; o resultado pode variar também em função da forma, mais ou menos aguda do fragmento de minério usado na prova, do seu ângulo de incidência, da pressão aplicada, etc. Assim os resultados são muito pouco confiáveis. Esta é a conclusão de W.H. Bauer, secretário do Comitê Técnico TC 189 que elaborou a ISO 13006, ao prefaciar o “Ceramic Tiles” do Cerlabs: *“Mohs scratch hardness (EN 101) was removed because of unreliable results”*.

Essa a razão que levou o TC 189 a abandonar a escala Mohs adotada em suas antecedentes, as normas européias (EN) e as normas italianas (UNI). O índice PEI, embora ainda dependa da acuidade sensorial e competência do operador, depende em grau muitíssimo menor pois baseia-se em um teste que imita bem a realidade e é totalmente padronizado.

Não obstante, alguns técnicos brasileiros sugerem hoje o emprego da escala Mohs. Como já se disse acima, tal proposição deve ser severamente combatida porque, além

de totalmente desnecessária desrespeita a norma vigente. E isto é muito grave pois, norma desrespeitada equivale a ausência de norma, o que leva fatalmente ao caos, que já experimentamos em anos recentes. O conceito de qualidade precisa ser sólido, lastreado em ensaios confiáveis, resguardado dos ataques inconsistentes. É verdade que a norma nunca é eterna; mas suas alterações precisam ser conduzidas por métodos também normatizados e em foros adequados. Sem o que não alcançam a confiança pública, indispensável para seu sucesso.

Um argumento às vezes lembrado para criticar o índice PEI é o de que um esmalte com pigmentos claros tem PEI mais elevado que esse mesmo esmalte com pigmentos escuros. Isso não significa que as incisões no esmalte claro sejam menores ou mais suaves que aquelas no mesmo esmalte escurecido. O que se passa é que as bordas das incisões são sempre esbranquiçadas e ficam mais visíveis sobre fundo escuro que sobre fundo claro. Aí está a explicação: o PEI é um índice que depende da percepção visual humana. Por isso mesmo, em casos de maior responsabilidade - como o do PEI 5 - a norma prevê, associado ao ensaio do abrasímetro, aquele da resistência ao manchamento, mais sensível à vista humana. O argumento contra o PEI é, pois, inconsistente.



## Anexo B

### Informação especial sobre expansão por umidade, EPU

A expressão Expansão por Umidade, EPU, (“Moisture Expansion”) foi criada no final dos anos 20 para diferenciar a expansão da cerâmica em presença de água ou seu vapor, de outros fenômenos que também resultam em variações dimensionais. Desde então a natureza da EPU tem despertado muito interesse dos estudiosos e foi objeto de muita investigação.

A convicção antiga era a de que um corpo cerâmico que perdeu sua água de combinação no processo de queima, tenderia a recuperá-la através do tempo, recompondo os componentes hidratados preexistentes. Tal reação química, muito lenta, aumentaria o tamanho das moléculas causando expansão do corpo. Usava-se a palavra “adsorção” para caracterizar essa reação química em oposição a “absorção” que significaria apenas uma “retenção capilar” de água, como a que ocorre na esponja. Coerentemente com esse modo de ver, a secagem de corpos cerâmicos porosos a baixas temperaturas, seria apenas uma vaporização da água presente nos poros, um fenômeno apenas físico, incapaz de produzir qualquer alteração dimensional.

No entanto, vários métodos de investigação como a análise termo-diferencial, a difração de raios X, a microscopia eletrônica, indicam que na Expansão por Umidade não há formação de hidratos como se supunha. E, como se veio a comprovar, a mera secagem pode promover contrações em corpos cerâmicos porosos, embora muito discretas.

No estado atual da ciência a convicção básica predominante é a de que a EPU é um “fenômeno de superfície”, isto é, da “química de superfície”. A literatura a respeito é abundante mas há um conjunto de artigos, publicados entre 1959 e 1993, nos quais é possível encontrar uma boa explanação sobre essa doutrina. Tais artigos são os seguintes:

- James E. Young e Wayne E. Brownell, “Moisture Expansion of Clay Products” - J.Am. Ceram. Soc. 42 (12) 571-81 (1959).
- I.C.Hope, J. Gabriel e I.C. McDowall, “Moisture Movement and Readsorption Phenomena in Dried Clay Articles” - J.Am. Ceram. Soc. 43(11) 553-60 (1960).
- A.G. Verduch, “Expansión por humedad de los productos cerámicos” - Bol. Soc. Esp. Cerám. 4 (3) 259-84 (1965).
- A. Ravaglioli, C. Fiori e G. Vecchi, “Espansione di piastrelle ceramiche per imbibizione di acqua e vapore. Studio Statistico”. - La Ceramica 17-26 (luglio-agosto 1976).

- R. Bowman, “Importanza della cinetica dell’espansione in vapore - The importance of the kinetics of Moisture Expansion” - Ceramica Acta 5 (4,5) 37-60 (1993).

Em seguida, tentamos sumarizar esses autores com os seguintes destaques:

1. Os sólidos possuem em sua superfície livre maior atração intermolecular, a chamada “energia superficial” (com significado semelhante ao da tensão superficial dos líquidos), a qual mantém o interior sob compressão e, portanto, contraído.
2. A presença de água na superfície reduz essa energia e a compressão que ela causa. Liberado, o corpo elástico se expande.
3. Concebe-se então que o fenômeno ocorre porque a atração molecular água/cerâmica é maior que a atração água/água e que ocorre uma adsorção de moléculas de água na superfície do sólido rompendo o estado de equilíbrio preexistente entre a superfície e o interior.
4. Pode-se compreender então que a Expansão por Umidade é função:

- I. da energia superficial do sólido
- II. do seu módulo de elasticidade

Chamando-se:

$p$ , a compressão inicial ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

$p'$ , a compressão final reduzida ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

$E$ , o módulo de elasticidade ( $\text{kgf/cm}^2$ ) e:

$d$ , a deformação, EPU (expressa em  $\text{cm/cm}$ )

temos, segundo a Lei de Hooke:

$$d = \frac{(p - p')}{E}$$

o que significa que a expansão  $d$  será tanto maior quanto maior for a descompressão ( $p - p'$ ) e quanto menor for o módulo de elasticidade  $E$ .

5. De modo geral, a fragmentação de um sólido aumenta a superfície livre por unidade de massa, isto é, cada subpartícula terá mais superfície livre por unidade de massa. Como a compressão é um fenômeno superficial, cresce com o aumento da superfície específica. Então,  $p$  crescerá com a fragmentação e, portanto, a EPU também.
6. Por outro lado, as superfícies que tenham grande número de valências livres são as que mais adsorvem água e mais perdem energia superficial, reduzindo  $p'$ , aumentando o diferencial ( $p - p'$ ) e, portanto, aumentando a EPU.
7. Recapitulando: (Sentido de variação das grandezas)

Energia superficial ( $p$ )	aumenta, a EPU aumenta
Superfície específica ( $s$ )	aumenta, a EPU aumenta
Módulo de elasticidade ( $E$ )	baixo, a EPU é grande

Nº de valências livre,  
função de  $(p - p')$

grande, a EPU é grande

8. Os corpos cerâmicos podem se apresentar sob três formas: Amorfa, vítrea e cristalina, cada uma das quais reúne maior ou menor número de fatores favoráveis ou desfavoráveis ao crescimento da EPU.

- As fases amorfas - resíduos de minerais argilosos não devidamente sinterizados - têm tudo para apresentar alta EPU pois possuem grande superfície específica e grande energia superficial combinadas com abundantes valências livres (ou não satisfeitas).
- As fases vítreas - que derivam principalmente dos álcalis presentes nas argilas e se formam a temperaturas relativamente altas - em seu estado inicial possuem baixa superfície específica e baixa energia superficial. Assim, deveriam apresentar uma EPU bem baixa mas, em contato com a água elas desenvolvem uma capa de estrutura semelhante à da sílica amorfa, com valências livres abundantes, do que resulta aptidão para a EPU, embora muito mais discreta que no caso das fases amorfas.
- As fases cristalinas resultantes de fraturas recentes apresentam grande abundância de valências livres mas com sua superfície específica baixíssima, sua capacidade de adsorção é baixa. Então as fases cristalinas não favorecem a EPU.

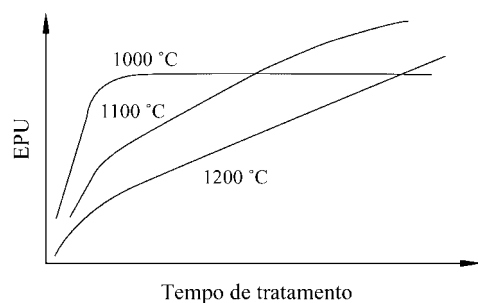
9. À luz dessa doutrina é fácil entender que, para baixar a EPU deve-se:

- Evitar que no processo de cocção formem-se fases de alta energia.
- Evitar que o processo de cocção e o de moagem promovam fases de alta fragmentação e, portanto, de grande superfície específica (Registre-se que mais temperatura e mais moagem aumentam a sinterização reduzindo a superfície específica).
- Evitar a produção de produtos com baixo módulo de elasticidade (Este cresce com o grau de sinterização).
- Por outras palavras, deve-se procurar obter fases vítreas em vez de amorfas e cristalinas em vez das duas outras.

10. À luz dessa doutrina é também fácil explicar as discretas contrações de corpos cerâmicos porosos quando submetidos à secagem a baixas temperaturas, fenômeno esse acima citado. Isso pode ocorrer devido à presença de fases amorfas - que com muita facilidade adsorvem água na superfície e expandem,

assim como a perdem e contraem. Registre-se que observadores notaram até que um corpo cerâmico ao ser secado em estufa a 120 °C pode estar deformando-se nos dois sentidos: contraindo por perda de água adsorvida e expandindo-se por adsorção, até porque esta aumenta muito com a própria temperatura de secagem.

11. As curvas de expansão à autoclave apresentam três ramos característicos: Rápido aumento inicial, zona de transição e um ramo final de aumento lento e quase linear (de inclinação muito menor e quase reto). Para uma mesma pasta queimada a 1000 °C, 1100 °C e 1200 °C as curvas obtidas têm os formatos do croqui:



- À luz da doutrina em exame é fácil explicar tais curvas de expansão:
- A de 1000 °C apresenta grande expansão inicial por excesso de resíduos amorfos e um último ramo horizontal que denota baixo teor de fase vítrea.
- A de 1200 °C apresenta fase amorfa quase nula (expansão inicial muito pequena) e denuncia grande formação de fase vítrea (último ramo ascendente e quase reto).
- A de 1100 °C tem características intermediárias.

As expansões levadas a cabo na autoclave, sob pressão e temperatura elevadas, são superiores às produzidas em serviço corrente e não existe uma correlação simples entre ambas que permita traduzir os resultados dos ensaios acelerados, em laboratório, em dados relativos ao comportamento em serviço.

Embora os álcalis presentes nas argilas sejam os grandes responsáveis pela formação das fases vítreas em detrimento de fases amorfas, é preciso vigiar a composição química global das pastas cerâmicas pois excessos de sódio e potássio elevam a EPU. Ao contrário, o lítio, assim como os elementos alcalino terrosos, exibem tendência para produzir compostos cristalinos, favoráveis, pois baixam fortemente a EPU. A adição destes elementos produziram, algumas vezes, resultados espetaculares.

## Siglas

ABC - Associação Brasileira de Cerâmica.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC-I, AC-II, AC-III, AC-III E - Argamassas colantes.

AFNOR - Association Française de Normalization.

ANFA - Associação Nacional dos Fabricantes de Azulejos.

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento.

ANFLACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Ladrilhos Cerâmicos.

ANSI - American National Standards Institute.

ASTM - American Society for Testing and Materials.

BSI - British Standards Institute.

CCB - Centro Cerâmico do Brasil.

CEN - Comitê Europeu de Normalização.

CERLABS - European Network of National CERAMIC LABORATORIES.

DIN - Deutsches Institut für Normung.

EN - European Norms.

EPU - Expansão por Umidade.

GL - Glazed.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia.

ISA - International Standards Association.

ISO - International Standards Organization.

MPa - Megapascal (1 N/mm<sup>2</sup> ou 10 kgf/cm<sup>2</sup>).

N - Newton (1 N = 0,1 kgf).

NBR - Norma Brasileira Registrada.

Pascal - 1 N/m<sup>2</sup> (10<sup>6</sup> Pascal = 1 Megapascal = 1 N/mm<sup>2</sup>).

PEI - Porcelain Enamel Institute (Índice de Resistência à Abrasão Superficial).

TA - Tempo em aberto.

TC - Technical Committee ou CT - Comitê Técnico.

UGL - Unglazed.

UNE - Ente Nacional Español de Unificación.

UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione.