

Limpabilidade e Higiene das Superfícies de Pavimentos e Revestimentos Cerâmicos

G. Timellini e G. Carani

Faculdade de Engenharia da Universidade de Bolonha, Itália

Resumo: O presente trabalho descreve, em linhas gerais, o papel que desenvolve e a importância da limpabilidade e da higiene no campo das prestações técnicas e a durabilidade das superfícies cerâmicas (pavimentos e revestimentos).

Faz-se uma discussão dos problemas metodológicos associados com a medição da limpabilidade de revestimentos cerâmicos, apresenta-se e analisa-se criticamente os métodos desenvolvidos e experimentados pelo Centro Cerâmico Italiano. A atenção se concentra, em particular, na evolução da limpabilidade com o desgaste progressivo das superfícies cerâmicas, assim como na representatividade dos agentes manchantes utilizados, com respeito às condições reais de uso das superfícies de pavimentos e revestimentos cerâmicos. Também estuda-se o papel e as interações dos processos de manchamento e limpeza. São analisados e justificados os critérios de classificação para a limpabilidade. Apresenta-se também uma discussão dos resultados das medidas realizadas em uma amostra significativa de suportes cerâmicos esmaltados e não esmaltados, correlacionando-se com as características microestruturais e com as propriedades químicas e mecânicas da própria superfície. Apresenta-se um quadro geral do comportamento de limpabilidade em vários tipos de revestimentos. Os resultados obtidos colaboram para o desenvolvimento dos critérios de seleção, com o *designer* e o profissional encarregado de fixar as especificações dos pavimentos e revestimentos cerâmicos.

Palavras-Chave: *revestimentos cerâmicos, limpabilidade de superfícies*

Introdução: O Problema

A limpabilidade, junto com a facilidade de manter as condições higiênicas, representa uma das principais vantagens reconhecidas para o revestimento cerâmico em relação à maioria dos materiais alternativos, de natureza diferente, para revestimentos de paredes e solos. Até aproximadamente duas ou três décadas, quando os revestimentos se fabricavam para revestir principalmente solos e paredes de cozinhas e banheiros, a afirmação “os pavimentos e revestimentos cerâmicos são os solos e paredes de mais fácil conservação, com as melhores possibilidades de manter suas características estéticas funcionais durante toda sua vida útil”, era certa sem nenhum tipo de reserva. Agora a situação é mais complexa e a afirmação anterior é válida em termos gerais, mas não é suficiente como critério de seleção do material para revestir solos e paredes. Sendo assim, as duas últimas décadas tem sido caracterizadas pelos seguintes aspectos:

- Um importante avanço nas tecnologias de fabricação de revestimentos cerâmicos, e por conseguinte um grande aumento na variedade de tipos de revestimentos disponíveis no mercado: produtos decorados e fabricados com o propósito de satisfazer os requisitos cada vez mais exigentes do usuário, em relação às soluções estéticas, as características técnicas e as prestações de serviço.
- Os ambientes onde os materiais cerâmicos podem ser utilizados hoje, com eficiência, tem tido um aumento significativo: os revestimentos cerâmicos são muito utilizados em ambientes domésticos, não só em cozinha e banheiro, mas como também em outros lugares das residências; e não somente para usos residenciais, mas também para ambientes públicos e industriais.

Do ponto de vista do usuário - ou do arquiteto - a presente situação é certamente positiva e rica: ele pode identificar e selecionar revestimentos para o propósito que deseja com uma ampla gama de possibilidades para esco-

lher. E, para um ambiente determinado, com seus requisitos técnicos e estéticos, pode encontrar revestimentos adequados, que cumpram esses requisitos. Isto não era assim há algumas décadas atrás.

Frente a esta vantagem, o usuário/arquiteto deveria ter em conta o seguinte: não existe um revestimento que possa ser adequado - isto é, que cumpra todos os requisitos técnicos e estéticos específicos - para todos os ambientes em que os pavimentos e revestimentos cerâmicos possam ser utilizados¹. Em outras palavras, atualmente, a seleção entre os diferentes revestimentos existentes no mercado, do produto (ou produtos) que, como se indicava anteriormente, asseguram a mais fácil conservação, assim como as melhores possibilidades de manter suas características estéticas e funcionais durante toda sua vida útil em condições de usos determinadas, já não é tão fácil como era no passado, já que as condições de uso atuais dos recobrimentos cerâmicos diferem bastante do passado.

Este é o problema alvo deste artigo. É por isso que a limpabilidade, isto é, a facilidade e eficácia com que a sujeira, as manchas ou outros materiais que entram em contato com a superfície do solo ou parede possam ser eliminadas, e desta forma restaurar a superfície até que fiquem com as características funcionais e estéticas que possuíam antes de serem sujas², já que não pode ser considerada como uma propriedade "intrínseca" dos revestimentos cerâmicos, mas necessita ser medida e caracterizada.

Hoje em dia, o usuário, o decorador e o arquiteto necessitam de um conhecimento mais profundo e detalhado das características das superfícies e do comportamento dos recobrimentos cerâmicos, para selecionar o produto adequado para um ambiente determinado, assim como para realizar as operações de conservação mais corretas do revestimento cerâmico.

Para satisfazer estas necessidades, nos últimos anos o Centro Cerâmico Italiano tem realizado uma extensa atividade de pesquisa, voltada ao desenvolvimento de métodos de medição da limpabilidade, obtendo resultados que permitam uma previsão bastante fiel do comportamento dos pavimentos e revestimentos cerâmicos em condições de uso real. Alguns dos resultados obtidos tem sido incluídos também nas novas normas internacionais de revestimentos cerâmicos.

Nos itens seguintes, se realizará uma análise crítica dos métodos normalizados para a caracterização das superfícies de revestimentos cerâmicos, assim como os métodos relacionados com a evolução da limpabilidade, desenvolvidos em estudos do Centro Cerâmico Italiano. Alguns resultados serão apresentados e seus empregos discutidos, como uma ferramenta para a correta seleção de revestimentos

cerâmicos para determinadas aplicações e condições de uso.

Situação Atual

Limpabilidade, características das superfícies e condições de uso de pavimentos e revestimentos cerâmicos

As condições de uso das superfícies dos revestimentos cerâmicos são apresentadas em forma esquemática na Fig. 1. O produto cerâmico acabado assentado (de um pavimento, neste esquema) se expõe a:

- Ações químicas, por associação agentes manchantes, substâncias de diferentes naturezas químicas que podem entrar em contato com a superfície do pavimento (por exemplo, comida, tinta etc., em um ambiente doméstico; líquidos de processo em um ambiente industrial, como leite em uma fábrica de leite ou queijo, graxa e azeite em um talher etc.)
- Ações químicas por detergentes utilizados em atividades de manutenção.
- Ações mecânicas, devido tanto ao movimento de objetos ou materiais em contato com a superfície (por exemplo, gente transitando, carrinhos e outros veículos etc.), quanto as operações de limpeza, quando se efetuam com agentes de limpeza que contem substâncias abrasivas, ou com ferramentas abrasivas.

A superfície cerâmica deve resistir a estes ataques químicos e mecânicos. Para isso, deve ter níveis adequados de resistência química (resistência ao ataque químico) e resistência mecânica (resistência ao desgaste, dureza). Estas propriedades representam as reações da superfície cerâmica frente às ações exteriores, e dependem da natureza e do estado da superfície, das características da composição e microestrutura, que são determinadas pela tecnologia de fabricação. O *designer* do pavimento cerâmico deveria, a princípio prever a intensidade das ações mecânicas e químicas associadas com um determinado ambiente, e selecionar os materiais cerâmicos que tem níveis adequados quanto às suas características mecânicas e químicas. De outra forma, existe o risco em que os revestimentos, após um período de uso relativamente curto, possam perder definitivamente suas características estéticas e/ou funcionais, já que não podem recuperar com nenhum procedimento de conservação. A limpabilidade pode ser considerada como uma dessas características funcionais que tem também um impacto estético, o qual se perderia neste caso.

O esquema da Fig. 1 sugere algumas outras considerações:

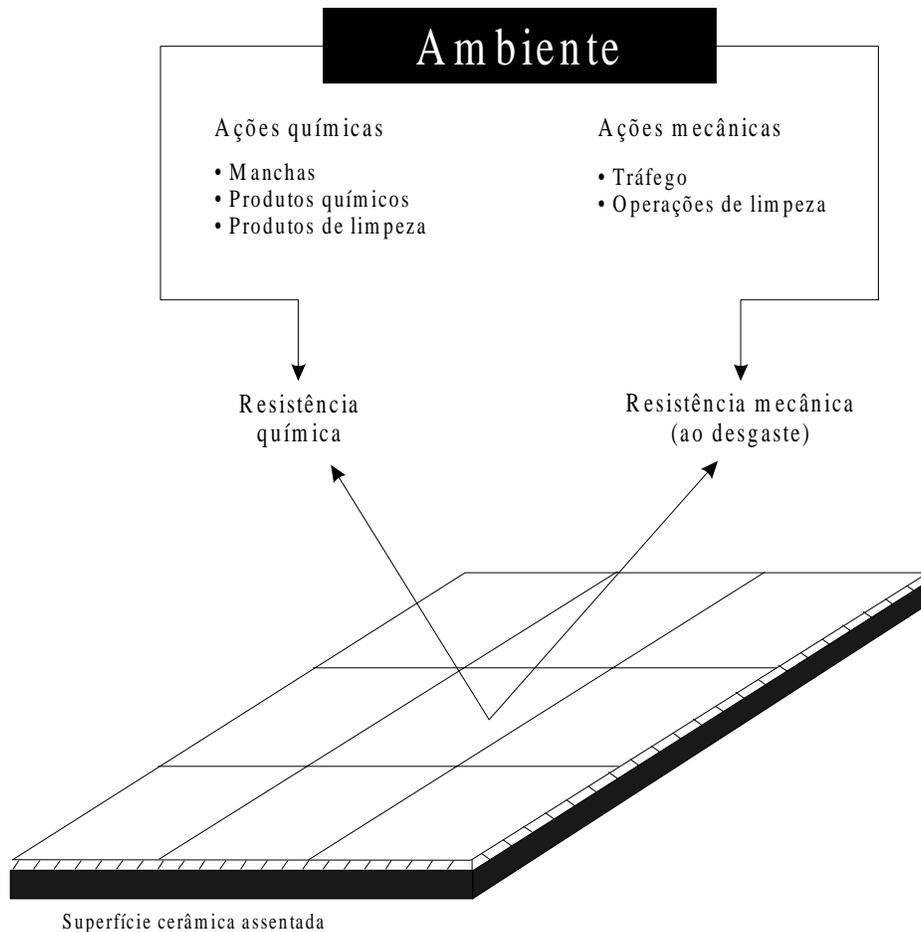


Figura 1. Condições de uso e características do comportamento da superfície cerâmica.

- As ações químicas e mecânicas indicadas anteriormente se aplicam simultaneamente sobre a superfície do revestimento cerâmico, tanto durante o período de exposição à sujeira (isto é, em condições normais de uso de uma superfície revestida com cerâmica), como no processo de limpeza (isto é, nas condições de manutenção);
- Tanto as ações químicas como as mecânicas estão associadas às operações de limpeza, as quais, por sua vez, tratam de eliminar os efeitos de ambas ações produzidas na superfície do recobrimento cerâmico. Por outro lado, a limpabilidade, no sentido de característica de comportamento dos revestimentos, como definimos anteriormente, é uma função da resistência química e mecânica (resistência ao desgaste) da superfície cerâmica;
- A limpabilidade está fortemente influenciada pelo estado real (estrutura) da superfície cerâmica, que pode variar com o uso e o desgaste³⁻⁵. Consideramos a estrutura porosa na seção de um revestimento: na Fig. 2 se oferece como exemplo a seção de uma

peça esmaltada. Estes poros estão relacionados com a tecnologia de fabricação (matérias primas utilizadas, tecnologia de esmaltação, ciclo de queima etc.)⁵. É possível prever que o processo de desgaste progressivo, em condições de uso, modifique - e em particular que incremente - a porosidade da superfície, e por conseguinte que afete tanto a facilidade de sujar como a limpabilidade;

- As características e o comportamento do produto de limpeza, e os métodos de limpeza adotados tem uma forte influência sobre as possibilidades de remoção de sujeira de uma superfície cerâmica. O agente limpante atua tanto na sujeira e nas manchas como na superfície do revestimento, que pode ser submetida a um ataque químico por agentes de limpeza. Se esperam possíveis inovações no campo dos detergentes para superfícies duras (em particular, superfícies cerâmicas) que dêem uma solução aos problemas de limpeza de revestimentos cerâmicos. E, com efeito, esse avanço está em seqüência: alguns fabricantes de produtos de limpeza tem pedido a cooperação do Centro Cerâmico Italiano para o de-

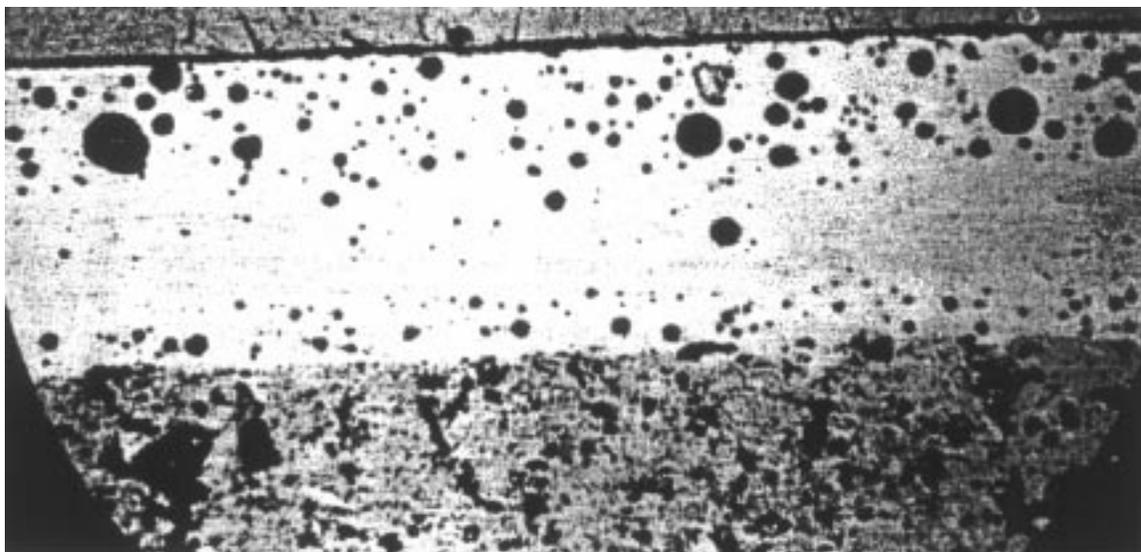


Figura 2. Secção transversal de um revestimento esmaltado: porosidade da camada do vidro.

envolvimento de novos produtos que são mais eficazes para superfícies cerâmicas, e que são compatíveis com as características e o comportamento da superfície cerâmica

Características químicas e mecânicas da superfície de revestimentos cerâmicos na norma internacional (EN e ISO)

A discussão anterior tem mostrado a importância das características químicas e mecânicas das superfícies cerâmicas, para poder avaliar os níveis de qualidade e utilização destes produtos, e portanto, sua adequação em ambientes e aplicações específicas. Por esta razão, a norma internacional - tanto as normas EN, atualmente em vigor na Europa⁶, como as novas normas ISO, que estão em sua fase final de aprovação⁷ - incluem estas características nas especificações técnicas tanto de revestimentos esmaltados como não esmaltados. Na Tabela 1 são mostradas as caracte-

terísticas consideradas e a norma correspondente com a descrição do método de ensaio.

Os seguintes aspectos são dignos de atenção, nesta discussão sobre limpabilidade:

- Para revestimentos não esmaltados, a resistência a manchas, isto é, o aspecto da resistência química mais diretamente relacionado com a limpabilidade, não é levado em consideração por normas EN. Isto reflete as considerações feitas na introdução: no passado, a resistência a manchas em revestimentos não esmaltados não era considerada como propriedade básica, aos tipos de revestimentos disponíveis e aos seus principais campos de uso. Atualmente, principalmente através do avanço na produção e com o uso do grês porcelanato, a resistência às manchas tem sido reconhecida como uma característica importante também para os revesti-

Tabela 1. Características químicas e mecânicas das superfícies de revestimentos cerâmicos nas normas EN e ISO^{6,7}.

Características da superfície	Pisos esmaltados		Pisos não esmaltados	
	EN	ISO	EN	ISO
Mecânicas				
• Resistência ao risco	EN 101		EN 101	
• Abrasão superficial (método PEI)	EN 154	ISO 10545-7		
• Abrasão profunda			EN 102	ISO 10545-6
Químicas				
• Resistência a manchas	EN 122	ISO 10545-14		ISO 10545-14
• Resistência a produtos domésticos de limpeza e aditivos para água de piscinas	EN 122	ISO 10545-13	EN 106	ISO 10545-13
• Resistência a ácidos e bases	EN 122	ISO 10545-13	EN 106	ISO 10545-13

mentos não esmaltados. De fato, as novas normas ISO a incluíram entre as propriedades normalizadas. O Centro Cerâmico Italiano tem feito uma contribuição especial a ele, como será citado no próximo item.

- Todos os métodos de ensaio, tanto na norma EN como na ISO, estão baseados em uma “simulação” da ação correspondente considerada. O princípio pode ser assim resumido: uma condição de ataque real e precisamente definida é reproduzida em laboratório sobre a superfície do piso. (Ex.: alguns agentes químicos são colocados e mantidos em contato com a superfície cerâmica segundo um procedimento definido e por um tempo determinado; uma carga abrasiva se move em contato com a superfície, sob condições específicas). As condições de ensaio levam em conta, dentro do possível, tanto as condições reais de uso, como as necessidades de aceitação técnica e econômicas do ensaio (reprodutibilidade, tempo requerido, custo etc). As peças sobre as quais se realiza o ensaio são examinadas sucessivamente, mediante um procedimento definido, para avaliar os efeitos do ataque. É bastante evidente, que tal procedimento de ensaio permite obter somente uma representação geral (e abstrata) do que pode ocorrer nas condições reais de uso;
- Cada classe de ataque (por exemplo, manchas individuais, agentes químicos individuais, desgaste etc) se aplica independentemente, sempre sobre a superfície original do piso. Deste modo, a resistência medida através de cada método de ensaio deveria ser entendida como a resistência da superfície original e nova, nunca submetida a um único ataque. Nestes casos, a diferença com as condições reais de uso é mais evidente e importante que no caso anterior. De fato, em condições reais de uso, todas as ações consideradas na Fig. 1 atuam simultaneamente sobre uma superfície que se modifica progressivamente com os efeitos das ações ditas anteriormente.

Infelizmente, as experiências concretas e as observações realizadas demonstram que os efeitos das ações químicas e mecânicas de um nível ou intensidade determinada, aplicadas simultaneamente sobre a superfície de uma determinada superfície, são diferentes dos efeitos causados pelas mesmas ações realizadas individualmente. Por exemplo, uma boa resistência química e uma boa resistência a abrasão, medida de acordo com os métodos de ensaio normalizados que estamos tratando, não está necessariamente associada a uma boa resistência, ou a um comportamento aceitável da superfície do piso, quando ambas as ações (química e abrasiva) de mesma intensidade são apli-

çadas simultaneamente. As duas classes de ações são simérgicas não complementares.

Este fato representa o limite principal dos métodos de ensaio de “simulação” e mostra alguns problemas metodológicos.

Antes de tudo, tem que se dizer claramente que o resultado dos ensaios que estamos tratando devem ser considerados como dados para valorização da qualidade dos pisos, e não diretamente como uma avaliação de seu comportamento e durabilidade em todas as condições de uso. É necessário prudência na utilização destes resultados, e seu significado não deve ser superestimado.

Do ponto de vista metodológico, aparecem algumas dificuldades ao tentar-se simular de modo aceitavelmente simples, barato e reproduzível, a “sobreposição de efeitos” que tem lugar em condições de uso reais aos recobrimentos cerâmicos. Este problema foi descrito com um enfoque “passo a passo”.

O primeiro passo tem sido a aplicação de duas ações (por exemplo, ações mecânicas e químicas) em uma ordem sequencial sobre a mesma superfície. Este é o enfoque sobre o qual está baseado o método de limpabilidade desenvolvido pelo Centro Cerâmico, que é apresentado no próximo item: um método em que perseguiu-se o objetivo de melhorar a representatividade dos resultados e o conhecimento dos mecanismos de manchamento e limpeza, através de uma seleção mais ampla das condições operacionais de “sujamento e limpeza”.

Este “planejamento” tem sido aceito e introduzido também nas normas ISO. Vê-se, por um exemplo, a norma ISO 10545.7 (Projeto de norma), que descreve o método de ensaio para resistência a abrasão de pisos cerâmicos esmaltados⁷: o nível máximo de resistência à abrasão (classe PEI V) se aplica a pisos que cumprem as seguintes condições:

- não existe nenhum defeito visível depois de submeter o corpo de prova a 1200 revoluções em um abrasímetro;
- a superfície desgastada resiste a manchas (segundo a norma ISO 10545.14). Esta última condição se verifica ao submeter a superfície desgastada (ou seja, a superfície previamente submetida a uma ação mecânica) a uma ação química (manchamento), na seqüência.

O segundo passo foi a aplicação simultânea de ações mecânicas e químicas, de modo a simular a realidade, o que ocorre em condições de uso reais. Este enfoque será analisado em ‘Um Novo Enfoque: A Aplicação Simultânea de Ações Químicas e Mecânicas’.

Uma Avaliação mais Detalhada da Limpabilidade: O Método do Centro Cerâmico

Objetivos e procedimentos:

Como indicado anteriormente, o termo “limpabilidade” se refere a uma característica do comportamento da superfície dos pisos e azulejos cerâmicos, que pode ser definida pelos seguintes aspectos:

- A eficiência com que as manchas produzidas por diversas substâncias podem ser eliminadas;
- A facilidade com que se pode eliminar totalmente as manchas.

Por outro lado, a limpabilidade pode mudar durante a vida útil do revestimento cerâmico, devido às modificações da superfície produzidas pelos efeitos do desgaste mecânico.

O método de limpabilidade desenvolvido pelo Centro Cerâmico Italiano, foi criado com o intuito de caracterizar todos estes aspectos. Trata-se de um novo método de “simulação” - como é por exemplo o método para medir a resistência a manchas da norma EN 122⁶. Embora, comparado com este método, o método do Centro Cerâmico, com o propósito de conseguir uma descrição mais detalhada do comportamento da superfície do piso, assim como uma maior sensibilidade e seletividade em relação aos diferentes níveis de utilidade dos diferentes produtos, aumentaram significativamente o âmbito das condições de ensaio, ampliando o número e os tipos de agentes manchantes, assim como o número de procedimentos e condições de limpeza (deve-se considerar, por exemplo que os ensaios de resistência às manchas, realizados de acordo com os procedimentos da norma EN 122, sobre superfícies desgastadas, dariam quase sempre uma resistência à manchas de classe 3, para cada produto submetido ao ensaio).

Os agentes manchantes selecionados são enumerados na Tabela 2; também incluem os principais tipos de ações ou mecanismos de manchamento:

- Ação química, quando a mancha produz um verdadeiro ataque químico sobre a superfície (vinagre de vinho tinto e/ou sumo de limão, azeite de oliva). Esta ação química é, em geral, desprezível sobre superfícies não desgastadas e impermeáveis, mas pode ser importante sobre superfícies desgastadas e mais porosas;
- Ação penetrante e com coloração, quando a mancha tem o poder de penetrar em um material através da porosidade superficial (solução de azul de metileno, tintas azuis e vermelhas, cigarros acesos);

- Ação oxidante, quando o agente manchante é também um oxidante (solução de permanganato de potássio, cigarros acesos, bebidas carbonatadas de cola);
- Formação de película ou camada, quando a mancha tem o poder de formar uma película persistente e contínua sobre a superfície (azeite de oliva, café, bebidas carbonatadas de cola).

Na Tabela 2 também são indicados os tempos de contato do agente manchante e a superfície do piso submetido ao ensaio. Foi estabelecido um período de contato de 24 h para todas as manchas selecionadas, a única exceção foi o cigarro aceso, para o qual se estabeleceu um tempo de contato de 15 min (O cigarro se mantém aceso por meio de uma bomba de vácuo).

Especificaram-se vários método de limpeza enumerados na Tabela 3, por ordem crescente de intensidade. Cada procedimento se define por:

- O tipo do agente de limpeza;
- O tempo de duração da operação de limpeza;
- A ferramenta de limpeza utilizada.

Alguns métodos de limpeza utilizam uma escova para aplicar o agente de limpeza sobre a região manchada. A escova possui cerdas vegetais, rígidas, de 8 cm de diâmetro, que gira com uma velocidade de 480 rpm, com uma solução de limpeza que flui continuamente durante todo o procedimento.

O procedimento de ensaio é, de forma esquemática, o seguinte:

- Cada agente manchante é aplicado sobre a superfície a ensaiar (o método de aplicação é explicado detalhadamente);

Tabela 2. Agentes manchantes selecionados para o “Método de Ensaio de Limpabilidade do Centro Cerâmico”.

Agente de mancha	Tempo de contato
Vinagre de vinho tinto e/ou sumo de limão	24 h
Café	24 h
Azeite de oliva*	24 h
Cola	24 h
Cigarro aceso	15 min
Azul de metileno (10 g/L)	24 h
Permanganato de potássio (10 g/L)	24 h
Tinta azul*	24 h
Tinta vermelha*	24 h

Produtos comercializados conforme as especificações definidas.

- As provas de limpeza se realizam em ordem seqüencial de acordo com a lista da Tabela 3;
- Após cada prova de limpeza, os corpos de prova são secos e submetidos a um exame visual (em condições específicas). Para cada mancha e cada prova de limpeza é associada uma classe de limpabilidade, de acordo com a Tabela 4;
- O ensaio pode ser realizado sobre pisos novos ou sobre superfícies previamente submetidas à abrasão (em geral, 600 revoluções, segundo PEI; mas podem ser adotadas várias fases de abrasão, com o fim, por exemplo, de caracterizar o comportamento da resistência à manchas da peça com o progresso do fenômeno de desgaste).

Portanto, ao final do ensaio de limpeza, para cada estado da superfície do piso cerâmico (nova ou desgastada por abrasão), é possível obter uma classe de limpabilidade, como é indicado na Tabela 5, que contém todos os resultados das provas de limpeza realizadas em cada mancha individual.

Experimentos realizados

Este método de ensaio foi testado primeiramente sobre pisos não esmaltados, onde não haviam sido realizados experimentos prévios ou não existiam dados confiáveis sobre a resistência às manchas (como indicado anteriormente, a norma EN não incluía a resistência às manchas entre as propriedades normalizadas de pisos cerâmicos não esmaltados). Simultaneamente o método também foi

testado em superfícies esmaltadas. Este trabalho foi realizado com a colaboração do Comitê Técnico, ISO T.C.189 “Pisos Cerâmicos”⁷. De fato, o novo método de resistência às manchas incluído nas normas ISSO é uma versão simplificada do “Método de Ensaio de Limpabilidade do Centro Cerâmico”.

Vale a pena comentar agora com mais detalhes “como” este método de ensaio caracteriza a superfície de um revestimento cerâmico do ponto de vista da limpabilidade e “como” permite comparar diferentes produtos, proporcionando também as indicações apropriadas sobre seus níveis de utilização em condições de uso reais. A seguir, faz-se uma demonstração dos resultados obtidos tanto em revestimentos esmaltados como não esmaltados, de diferentes tipos.

Tabela 4. Classificação dos resultados no “Método de Ensaio de Limpabilidade do Centro Cerâmico”.

Resultado do ensaio de limpabilidade	Classe de limpabilidade
Superfície danificada permanentemente	0
Mancha invariável	1
Redução da mancha	2
Muito evidente	3
Não muito evidente	4
Pontos sobre o fundo limpo	5
Eliminação total da mancha	6

Tabela 3. Procedimentos de limpeza adotados no “Método de Ensaio de Limpabilidade do Centro Cerâmico”.

Número	Agente de limpeza	Tempo	Ferramenta de limpeza
I	Água quente (60 °C)	5 min	—
II	Detergente comercial pH 6.5-7.5 sem abrasivos	3 min	esponja
III	a. Detergente comercial pH 9-10 sem abrasivos	3 min	esponja
	b.		escova rotatória
IV	a. Detergente comercial pH 3-4 sem abrasivos	3 min	esponja
	b.		escova rotatória
V	a. Detergente comercial com abrasivos	3 min	esponja
	b.		escova rotatória
VI	Solventes adequados	24 h	escova rotatória
	a. Solução HCl 3%		
	b. Solução KOH 200 g/L		
	c. Hipoclorito de sódio 20 g/L		
	d. Tricloroetileno		
	e. Peróxido de hidrogênio 110 vol.		Imersão do piso no solvente

Tabela 5. Classe de limpabilidade.

Produto:	Estado da superfície	• Inteira
.....		• Desgastada por abrasão
		(no.rev.: Método PEI)

Procedimento de limpeza	A	B	C	D	E	F	G	H	I
I									
II									
III a									
III b									
IV a									
IV b									
V a									
V b									
V (a ÷ e)									

Eficácia na limpeza e eliminação de manchas

A partir das “classes de limpabilidade” é possível avaliar imediatamente se algumas das manchas submetidas ao ensaio não podem ser eliminadas completamente, tanto no revestimento inteiro, como sobre superfícies previamente submetidas à abrasão. Isto ocorre quando - ou pelo tipo de manchas - a limpabilidade da Classe 6 (eliminação total das manchas) não se alcança por nenhum dos métodos de limpeza. Deste modo, a eficácia da limpeza e a eliminação da mancha podem ser avaliadas imediatamente.

No que concerne a eficácia na limpeza, os resultados no tarefa de caracterização mostram que:

- **revestimentos esmaltados:** todas as manchas podem ser eliminadas da superfície inteira. Assim, em geral, os pisos esmaltados novos possuem uma limpabilidade eficaz com relação a todos os tipos de manchas. Para superfícies desgastadas por abrasão, chega-se a uma grande variedade de resultados. Aproximadamente na metade dos pisos submetidos ao ensaio, algumas manchas (em particular cigarros, tintas, permanganato de potássio), não poderiam ser eliminadas com nenhum dos métodos de limpeza experimentados. Para alguns produtos, o recurso de utilizar os procedimentos de limpeza mais fortes provoca

danos irreversíveis sobre a própria superfície cerâmica. Deste modo, para pisos esmaltados existe uma relação, em que a eficácia na limpeza diminui de forma apreciável com o desgaste progressivo, fazendo com que os revestimentos não sejam “limpáveis” em condições reais de uso. Por outro lado, existem pisos esmaltados no mercado, em que a redução da eficácia de limpeza não ocorre com o aumento do desgaste. No entanto, vale a pena ressaltar que os revestimentos com mais altos índices de resistência sob as ações químicas e mecânicas, segundo a norma EN (por exemplo, a classe 1 de resistência a manchas e classe PEI IV de resistência a abrasão), se encontram tanto entre os revestimentos que perdem sua eficácia na limpeza como entre os que mantêm sua eficácia na limpeza após o desgaste. Esta é mais uma demonstração de que os resultados EN, por si só, não podem fornecer um avaliação confiável das possíveis utilizações das superfícies dos pisos em condições reais de uso, como indicado anteriormente.

- **Pisos não esmaltados:** algumas manchas quase não se eliminam da superfície de determinados tipos de revestimentos, inclusive quando as peças são novas

e inteiras.. Os revestimentos do tipo “cotoforte” (com o tipo de tratamento de impregnação que se realiza sobre este material) são geralmente modificados irreversivelmente por cigarros (que queimam este tipo de tratamento superficial de impregnação). Alguns tipos de grês porcelanato apresentam, em um estado não desgastado, uma limpabilidade não completamente eficaz, sendo os cigarros e as tintas os agentes manchantes mais problemáticos. Entre estes produtos menos limpáveis, se encontram com certa frequência alguns tipos de grês porcelanato com superfície polida. Este fato pode ser associado a duas circunstâncias: i) o polimento é basicamente uma eliminação controlada de uma camada superficial: a consequência é a criação de uma nova superfície, que geralmente está caracterizada por uma maior difusão de microporos, a qual pode incrementar a penetração e a retenção das manchas (ou seja, a “sujibilidade”); ii) a superfície polida pode ser afetada negativamente pelos procedimentos de limpeza mais fortes, que por sua vez seriam necessários pela razão anterior. Particularmente, o brilho da superfície pode desaparecer.

A superfície desgastada por abrasão, em geral, não mostra níveis de eficácia na limpeza muito diferentes das superfícies novas, não desgastadas. Na maioria dos produtos, não foi observado nenhum aumento do número de manchas que não são eliminadas com algum método de limpeza, quando se passa de superfícies novas para as desgastadas por abrasão.

Para concluir, no que se refere à eficácia na limpeza (ou seja, a possibilidade real de restaurar a superfície de um revestimento, após a eliminação total de todas as manchas), geralmente os revestimentos esmaltados podem ser considerados superiores aos não esmaltados no estado sem desgaste por abrasão, mas são inferiores após a abrasão. Portanto, quando faz falta fixar os requisitos dos revestimentos esmaltados para aumentar aonde detectara-se altos níveis de desgaste por abrasão, o arquiteto deveria pedir ao fabricante especificações técnicas mais detalhadas do produto, segundo os conceitos e métodos apresentados neste trabalho.

Facilidade de limpeza e eliminação de manchas

A partir das “classes de limpabilidade” obtém-se um indicador da facilidade de limpeza e eliminação das manchas mediante o procedimento de limpeza mais fraco, que leva à completa restauração da superfície (ou seja, um resultado da Classe 6). Quanto mais baixa for a intensidade dos métodos de limpeza requeridos para obter total eficácia na eliminação das manchas (Classe 6), maior será a facilidade de limpeza..

Os resultados obtidos na tarefa de caracterização nos levam a conclusões muito similares, comparando-se com a discussão anterior sobre a eficácia na limpeza: os revestimentos esmaltados são, em geral, superiores a todos os revestimentos não esmaltados e estados sem desgaste por abrasão.. E, entre os revestimentos não esmaltados, o grês porcelanato com superfície polida, comparado com o porcelanato sem tratamento na superfície, se caracteriza por uma diminuição mais evidente da facilidade de limpeza, quando passamos de superfícies novas para as desgastadas por abrasão.

Discussão

As principais vantagens do método desenvolvido pelo Centro Cerâmico, comparado com os métodos de ensaio EN, estão relacionadas com a possibilidade de uma caracterização mais detalhada da limpabilidade das superfícies de revestimentos cerâmicos em condições de uso.

A ampliação das possibilidades de manchas e dos procedimentos de limpeza, e sua relação mais estreita das manchas que são produzidas e os procedimentos adotados em condições de uso reais, assim como a possibilidade de considerar e verificar os efeitos do desgaste sobre a limpabilidade, são os aspectos de maior qualificação deste método. Outro aspecto importante diz respeito à aplicação do método aos revestimentos esmaltados e não esmaltados.

Através deste método, é possível confirmar que os produtos com o mesmo nível de qualidade, segundo as normas EN, podem ter diferentes comportamentos e aplicações sob determinadas condições de uso. Portanto, os resultados deste ensaio podem dar ao usuário/arquiteto ou outro profissional encarregado de fixar os requisitos dos revestimentos, uma ferramenta mais confiável, visando uma correta seleção de revestimentos com níveis de aplicação definidos, em função do ambiente a que serão destinados. Por estas razões, o método foi aceito pelo Comitê Técnico, ISO TC 189, e incluído (embora de forma simplificada) na nova norma ISO.

As principais limitações do método, estão relacionadas com um número muito elevado de condições que são reproduzidas, controladas e medidas, assim como do ainda imperfeito método de reprodução das condições de uso. No que diz respeito ao primeiro item, está claro que o método leva tempos de execução bastante longos e envolve altos custos. A versão ISO (ISO Projeto de Norma 10545.14⁷) é mais simples e mais econômica, embora menos detalhada. Em qualquer caso, a aplicação deste método pode ser técnica e economicamente justificável no caso de aplicações complicadas (por exemplo, para aplicações de uso “intenso”, como determinados ambientes públicos etc.).

Quanto ao segundo item, este método não é capaz de reproduzir a aplicação simultânea de ações mecânicas e

químicas, que coexistem nas condições reais de uso. A confiabilidade dos resultados obtidos ao final da representação do comportamento real em condições de uso), assim como as implicações quanto à decoração da superfície cerâmica, que podem ser deduzidas a partir destes resultados, não estão todavia em níveis ótimos. Embora tenha-se conseguido um avanço importante em relação às normas EN.

No próximo item, será feita uma discussão da aplicação simultânea das ações químicas e mecânicas.

Um Novo Enfoque: A Aplicação Simultânea de Ações Químicas e Mecânicas

Observações iniciais

Conforme comentado no item ‘Situação Atual’, nas condições reais de uso, os processos de retenção de sujeira e limpeza de uma superfície cerâmica, estão relacionados com a aplicação simultânea de ações mecânicas e químicas. Para um determinado nível de intensidade de cada ação, os efeitos são diferentes daqueles previstos para o caso de aplicações de ações individualmente. Por conseguinte, um método de ensaio (outro método de “simulação”, como os métodos apresentados até agora), que é realizado mediante a aplicação simultânea de ambas ações deveria permitir uma melhor representação do comportamento autêntico da peça cerâmica em condições reais de uso.

Um método de ensaio deste porte foi desenvolvido e testado no Centro Cerâmico Italiano, com um propósito particular: qualificar alguns produtos de limpeza comerciais e experimentais para superfícies duras (mais corretamente, para superfícies cerâmicas).

Na discussão anterior, foi destacado que se utilizam produtos de limpeza em procedimentos de limpeza normais, juntamente com ferramentas abrasivas (ou que podem conter abrasivos). Portanto, qualquer procedimento de limpeza implica na aplicação simultânea de uma ação desgastante (devido ao abrasivo) e uma ação química (devido ao componente químicos ativos do produto de limpeza). É óbvio que um produto de limpeza pode ser considerado adequado a um determinado tipo de superfície, se a mesma não é danificada por este, em condições normais de aplicação (este é um dos requisitos de um produto apropriado: não o único, mas em qualquer caso, um requisito básico).

O novo método de ensaio baseado na aplicação simultânea de ações químicas e mecânicas tem sido utilizado com o fim de avaliar a aceitação dos produtos de limpeza, sob o ponto de vista mencionado anteriormente. Este estudo foi realizado em colaboração com alguns fabricantes de produtos para limpeza, que buscam o desen-

volvimento de novos produtos adequados para as condições de limpeza mais severas, agora necessárias para os revestimentos cerâmicos, nos diferentes contextos ambientais em que estes são utilizados atualmente com frequência.

Uma aplicação do uso deste novo método, também para a avaliação da limpabilidade de uma superfície cerâmica determinada (ou seja, melhora do método de limpabilidade apresentado no item anterior) se encontra atualmente em estudo.

Objetivos e procedimentos

Aqui apenas propõe-se uma visão global, já que o método encontra-se em fase de desenvolvimento.

A avaliação do agente de limpeza viabiliza-se efetuando-se os seguintes ensaios, comparando-se e analisando os resultados obtidos, na seqüência:

- Seleciona-se um material de referência (por exemplo, um revestimento esmaltado). Este revestimento é caracterizado segundo a norma EN. Determina-se a resistência aos ácidos, álcalis, manchas e outros produtos químicos segundo a norma EN 122⁶. Devem ser selecionados pisos de alta e baixa resistência química como materiais de referência para este ensaio.

- A seguir mede-se a resistência ao ataque químico do revestimento através do produto químico a ser avaliado, com a utilização do procedimento descrito na norma EN 122;
- Sucessivamente, as peças são submetidas as várias fases de abrasão, segundo o método PEI (EN 154)⁶, utilizando uma carga abrasiva de esferas de aço de diâmetro determinado, alumina em pó e água destilada.

Após a abrasão avaliam-se os seguintes efeitos:

- a aparição de efeitos visíveis, seguindo os critérios de classificação descritos na norma EN 154;
- a modificação do brilho superficial (expresso como a vazão do brilho superficial após cada fase de abrasão/brilho da superfície da peça).
- a limpabilidade da superfície desgastada por abrasão, medida segundo o método do Centro Cerâmico, descrito no item anterior.

- Finalmente, são realizadas mesmas fases de abrasão, conforme indicado anteriormente, mas utilizando uma carga abrasiva na qual a água destilada é substituída pelo produto de limpeza a ser avaliado. De acordo com o objetivo deste método de ensaio, este procedimento assegura a aplicação simultânea de ações mecânicas (devido a carga abrasiva) e de ações químicas (devido à presença do produto de limpeza). Nas superfícies tratadas realizam-se as mesmas observações e medições descritas anteriormente.

Alguns resultados:

Com o propósito de mostrar os resultados e as informações obtidas através do método de ensaio em estudo, detalham-se nas Tabelas 6 e 7, respectivamente, dois conjuntos de resultados (parciais), como exemplos correspondentes a dois tipos de agentes de limpeza (designados por “A” e “B”). Cada uma destas tabelas se refere a um tipo específico de revestimento utilizado na caracterização do agente de limpeza: para o agente “A” (Tabela 6) utilizou-se um revestimento esmaltado com baixa resistência química, e para o agente “B” (Tabela 7) um revestimento esmaltado de alta resistência química.

São dignos de serem mencionados dois aspectos extraídos destas tabelas:

- Confirma-se que a aplicação simultânea das ações químicas e mecânicas pode levar a efeitos diferentes (mais severos), comparando-se com os efeitos produzidos pelas ações individuais. Isto pode ser observado através do produto de limpeza “A” (Tabela 6). O corpo de prova utilizado tem a mais alta resistência ao agente “A” (Classe AA) e também tem uma boa resistência à abrasão (não se observam efeitos visíveis com 1500 revoluções, o que significa que o revestimento submetido ao desgaste recebe a classificação de PEI IV, através do método PEI). No

entanto, a aplicação simultânea do desgaste por abrasão e ataque químico por agentes de limpeza produz efeitos visíveis após 1500 revoluções: em outras palavras, nestas condições aparece a deterioração da superfície. Podemos concluir que o agente de limpeza “A”, que não ataca a superfície se aplicado isoladamente, pode ser danoso para a superfície se aplicado juntamente com uma ação abrasiva.

- Contrariamente, tem-se encontrado alguns agentes de limpeza que fornecem a superfície uma espécie de proteção contra os possíveis efeitos do desgaste. O agente limpante “B” (Tabela 7), é um exemplo claro disto. Observa-se que os efeitos de uma determinada ação de desgaste, quando aplicada sozinha, são bastantes severos: i) os efeitos visuais são detectados após 1500 revoluções do ensaio PEI; ii) o brilho diminui drasticamente; iii) a superfície desgastada por abrasão tem uma limpabilidade limitada, ao menos para a mancha e o procedimento de limpeza estudado (ver a Tabela 4 para a classe de limpabilidade). Quando utiliza-se o produto de limpeza “B” junto com a mesma ação abrasiva, todos os efeitos foram melhorados: i) não se observa nenhum efeito visível; ii) observa-se uma redução na perda de brilho da superfície; iii) a superfície tratada é completamente limpável (para a mesma maneira e o

Tabela 6. Exemplo dos resultados do novo método de ensaio: Avaliação do comportamento do agente de limpeza “A” com um revestimento de baixa resistência química.

Materiais:	• Piso esmaltado designado GLC • Detergente A
------------	--

1. Resistência química		
Resistência a ácidos e bases (EN 122)		Resistência ao detergente A (procedimento segundo EN 122)
Classe de resistência		Classe de resistência
HCl	KOH	
C	AA	AA

2. Resistência a abrasão superficial (1500 ciclos carga PEI - carga abrasiva + água, segundo EN 154)		
Exame visual	Razão de redução do brilho (%)	Classe de limpabilidade segundo o método CCB (mancha: F; proc. limpeza: VI.c, 3 min)
sem defeitos	33.4	6

3. Resistência a abrasão superficial e ataque químico (1500 ciclos carga PEI - carga abrasiva + detergente A)		
Exame visual	Razão de redução do brilho (%)	Classe de limpabilidade segundo o método CCB (mancha: F; proc. limpeza: VI.c, 3 min)
alguns defeitos visíveis	33.0	6

Tabela 7. Exemplo dos resultados do novo método de ensaio: Avaliação do comportamento do agente de limpeza “B” com um revestimento de alta resistência química.

Materiais:	<ul style="list-style-type: none"> • Piso esmaltado designado GLA • Detergente B
------------	--

1. Resistência química		
Resistência a ácidos e bases (EN 122)		Resistência ao detergente A (procedimento segundo EN 122)
Classe de resistência		Classe de resistência
HCl	KOH	
AA	AA	AA

2. Resistência a abrasão superficial (1500 ciclos carga PEI - carga abrasiva + água, segundo EN 154)		
Exame visual	Razão de redução do brilho (%)	Classe de limpabilidade segundo o método CCB (mancha: F; proc. limpeza: VI.c, 3 min)
alguns defeitos visíveis	23.7	4

3. Resistência a abrasão superficial e ataque químico (1500 ciclos carga PEI - carga abrasiva + detergente B)		
Exame visual	Razão de redução do brilho (%)	Classe de limpabilidade segundo o método CCB (mancha: F; proc. limpeza: VI.c, 3 min)
alguns defeitos visíveis	73.4	6

mesmo procedimento de limpeza considerado anteriormente).

Estes resultados são muito interessantes para os fabricantes de agentes de limpeza para superfícies duras. Os fabricantes podem encontrar, no método de ensaio descrito neste trabalho, uma boa ferramenta para avaliar a qualidade de seus produtos, assim como para estimar seu comportamento e aplicações reais de uso.

Um enfoque bastante similar, baseado na aplicação simultânea de ações mecânicas e químicas, pode ser adotado para simular também o processo de “sujamento”, de um modo mais confiável, comparado com a aplicação separada das ações que caracterizam o método de ensaio do Centro Cerâmico. Estas ampliações encontram-se atualmente em estudo.

Conclusões - Perspectivas Futuras

Estudou-se com detalhes o comportamento das superfícies cerâmicas em condições reais de uso, quando as ações químicas, mecânicas e de desgaste se aplicam simultaneamente. Novos métodos estão sendo desenvolvidos para conseguir simular e representar de maneira mais confiável possível, o que realmente acontece nas condições de uso.

Mostrou-se que as normas ISO de revestimentos cerâmicos levam em conta alguns destes resultados. Desta forma, estes tem contribuído com a melhora do controle de qualidade e da avaliação da qualidade de revestimentos cerâmicos. No mais, estes estudos fornecem ao arquiteto e ao profissional encarregado de trabalhar com os pisos, mais ferramentas confiáveis para a identificação do revestimento adequado a cada ambiente. Este é um resultado importante, visto que contribui com a utilização mais adequada do revestimento cerâmico.

Estes estudos – e o método desenvolvido também – podem ajudar aos fabricantes cerâmicos na escolha da decoração e no desenvolvimento de novos produtos, melhorando seu aspecto quanto à capacidade de um revestimento em repelir a sujeira, e manter boas características de limpeza durante toda a sua vida útil, também em aplicações de uso intenso.

Finalmente, estes estudos são solicitados com crescente interesse pelos fabricantes de produtos de limpeza para superfícies duras, que tentam desenvolver novos e melhores produtos para a limpeza de revestimentos cerâmicos. Estes produtos devem ser eficazes não apenas na eliminação de manchas e de sujeira sem provocar danos à camada de vidro, como também possuem eficácia na própria proteção do corpo cerâmico.

Agradecimentos

Os autores agradecem a contribuição de P. Bruzzi e A. Fregni, do Centro Cerâmico de Bologna, na experimentação e avaliação dos métodos desenvolvidos.

Bibliografia

1. Centro Cerâmico-Bologna - A proposito di piastrelle - Publicación promovida por Assopiastrelle, Angaisa y Federcomated; Ed. EDI. CER, Sassuolo (1995).
2. Palmonari, C.; Timellini, G. In *Porcelain Stoneware*, Ed. Granitifiandre, sassuolo (1989).
3. Palmonari, C.; Timellini, G. La ceramica nell'edilizia. Vita in servizio e durabilità - Atti Giorn "Materiali per l'ingegneria civile. Vita in servizio e durabilità", a cura di V. V. Amicarelli, Ed. ASMI, Bari, Dicembre 1987.
4. Carani, G.; Timellini, G.; Palmonari, C.; Tenaglia, A. "Abrasion Resistance of Glazed Tile: Characterization of the Quality and Prediction of Performance in Working Conditions", *Ceram. Eng. & Sci. Proc.* **1991**, 12, n 1-2, 369-381.
5. Esposito, L.; Tucci, A.; Timellini, G.; Fontana, A. "Effects of Glazing Technologies on Tile Surface Properties", *Am. Cer. Soc. Bull.* **1994**, 73, n 53.
6. UNI - Norme sulle piastrelle di ceramica per revestimento di pavimenti e pareti. Norme Europee - Ed. UNI, Milán (1985).
7. European Network of National Ceramic Laboratories - Ceramic Tiles - The International Standards - Ed. Int. CerLabs, Bologna (1995).
8. Palmonari, C.; Timellini, G. In *Ceramic Floor and Wall Tile: Performance and Controversies*, Ed. EDI. CER, Sassuolo (1989).