

## Novas Possibilidades de Testes Práticos para Determinação da Resistência ao Escorregamento e Limpabilidade

Marcel Engels<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>*Divisão de Cerâmica e Vidro, FGK Instituto de Pesquisa de Materiais Inorgânico, Höhr-Grenzhausen, Alemanha*

*\*e-mail: info@fgk-keramik.de*

### Resumo

Segundo os requisitos do Código de Construção dos Estados Unidos e da Lei para Americanos com Deficiências (ADA), a substituição da Diretiva para Produtos de Construção Europeus pelo Regulamento Europeu dos Produtos de Construção em 2013 pôs mais pressão sobre os fabricantes e usuários de materiais para revestimento para aspectos de durabilidade como resistência ao escorregamento e limpeza. Especialistas e institutos de pesquisa têm se esforçado para avaliar a resistência ao escorregamento e a limpabilidade bem como a susceptibilidade à sujidade de placas de revestimento em áreas privadas e públicas durante seu uso. Na Austrália está em uso o teste padronizado de Resistência ao Escorregamento Sustentado (SSR), baseado em teste de pêndulo, mas falta uma avaliação topográfica e objetiva do desgaste real independentemente do método de medição de escorregamento, o que facilitaria a interpretação do risco real de escorregamento, como proposto na Especificação Pública de Escorregamento STD, resultando em uma classificação de risco de escorregamento com base em superfície, levando-se em conta a contaminação esperada e as medidas para limpeza e controle no local. Este artigo apresenta os fundamentos, o estado atual e o potencial de novos métodos de medição e avaliação práticos para a resistência ao escorregamento e para o comportamento à limpeza de placas de revestimento e sua durabilidade, baseada em medições de topografia superficial.

**Palavras-chave:** resistência ao escorregamento, procedimento de teste, limpabilidade, placas para revestimento.

## 1. Introdução

A sustentabilidade das propriedades funcionais de superfícies cerâmicas é um tema cada vez mais importante. O Regulamento Europeu dos Produtos de Construção implantado em 2013 demanda a prova da durabilidade das propriedades essenciais de um produto e a compilação de uma declaração de desempenho para produtos marcados como CE (substituindo assim a declaração de conformidade) para seu ciclo de vida econômico [1]. A durabilidade deve ser declarada ou provada por um método correspondente, se disponível. Com base na crescente preocupação para a necessidade de especificação de desempenho de longo termo no mercado, a FKG tem buscado a pesquisa de um método de simulação prático para o desgaste, auxiliado por uma caracterização objetiva que simultaneamente analise as alterações na resistência ao escorregamento e no comportamento à limpeza, como função do desgaste real in loco.

### 1.1. Resistência ao escorregamento, um tema escorregadio

Somente na Alemanha há mais de 1000 acidentes de trabalho por escorregamento a cada ano, incluindo algumas fatalidades, onde o custo financeiro de reabilitação e compensação excede 330 milhões de euros anualmente. Desta forma, vários institutos renomados preocupam-se com a medição e avaliação em laboratório e in loco de riscos de escorregamento, com uma grande variedade de métodos de medição do escorregamento. Devido a não

existência de materiais de referência ou calibração e aos diferentes mecanismos de escorregamento, dependendo do tipo de superfície, nem sempre há uma estimativa comparável do risco de escorregamento. Embora a resistência ao escorregamento tenha sido especificada como uma característica essencial para a marcação CE para placas de revestimento, nenhum teste único foi ainda definido. Em 2011 o comitê europeu de padronização CEN/TC 339 (para medição da resistência ao escorregamento em área para pedestres) decidiu apresentar uma especificação técnica, incluindo três diferentes métodos de teste aceitos em distintos estados membros: os métodos de inclinação de rampa, o método de teste de pêndulo e o método GMG200 para a medição do coeficiente dinâmico de atrito (DCOF, CEN/TS 16165) [4].

O método da rampa é baseado na determinação do ângulo crítico de inclinação no qual uma pessoa escorrega sobre uma amostra coberta com óleo, usando sapatos de referência para áreas ocupacionais, ou coberta com água com surfactante, para aplicações com pés descalços. Este ângulo classifica as superfícies testadas em classes R, variando da R9 à R13, que se referem a aplicações para distintos meios de escorregamento (água, óleo ou graxa) e suas quantidades para áreas públicas ou ocupacionais, com requisitos definidos e medidas adicionais do volume deslocado sobre a superfície. Para áreas para pés descalços, como piscinas, chuveiros e áreas de 'spa', a superfície é classificada como A, B ou C dependendo da quantidade

de água esperada sobre a superfície. Este método é geralmente usado na Alemanha. O teste de pêndulo é baseado na desaceleração de um deslizador de borracha, montado sobre uma unidade com mola em um braço de pêndulo, que balança sobre uma superfície em um caminho de contato definido. Os resultados são obtidos medindo-se o sobre deslocamento do braço de pêndulo após o contato, iniciando-se de uma posição horizontal. Os resultados são comparados a limites específicos, cada um indicando um determinado risco ao escorregamento. O teste de pêndulo para placas é bem estabelecido no Reino Unido e na Espanha. O coeficiente de atrito dinâmico depende da resistência ao movimento de um deslizador que é arrastado sobre a superfície em condições secas ou úmidas (com água ou água e surfactante). O material do deslizador geralmente é borracha ou couro (para aplicações a seco). Na Alemanha, valores limite de segurança foram determinados como um método para avaliar e controlar a resistência ao escorregamento in loco sob condições ocupacionais.

Estes métodos podem diferir muito dependendo da superfície testada: A rampa incorpora os atritos estático e dinâmico de uma caminhada humana. As pessoas devem ser qualificadas usando-se placas de referência. As medidas feitas pelo operador têm grande incerteza em baixos ângulos, mas só permite medir superfícies muito rugosas. Outras desvantagens são, além da disponibilidade e consistência do calçado usado, meio de escorregamento e placas de calibração, só pode ser usado em laboratório.

Com relação ao pêndulo, como ele foi originalmente desenvolvido para simular os efeitos de frenagem de pneus de carros em rodovias, é portátil, mas depende muito da experiência e treinamento do operador. Superfícies suaves podem ser facilmente superestimadas devido a efeitos de aderência, em contrapartida superfícies muito rugosas são difíceis de medir devido à influência do perfil no ponto de impacto.

A medição do coeficiente de atrito dinâmico também pode ser feita in loco utilizando-se dispositivos auto

propulsores. É menos dependente de influências humanas, mas também induz a uma superestimativa para superfícies suaves devido à aderência, bem como uma subestimativa para certas profundidades de rugosidade devido à perda de área de contato, entre outras limitações. Desta forma os resultados devem ser tratados com precaução.

Estas diferenças expressam a necessidade de uma avaliação objetiva e separada da resistência ao escorregamento para as várias superfícies disponíveis, e especialmente para a mudança na resistência ao escorregamento devido ao desgaste da superfície.

### 1.2. Limpabilidade e susceptibilidade à sujeira

Outro aspecto sempre presente na discussão sobre o aumento da resistência ao escorregamento é o comportamento quanto à limpeza de uma superfície. A regra geral de que “quanto maior a resistência ao escorregamento, maior o esforço necessário para limpeza” resulta em um esforço a mais para se atingir os requisitos de desempenho. As características de manchamento são medidas de acordo com a norma EN ISO 10545-14, mas com agentes manchantes não relevantes para a maioria das aplicações práticas, especialmente para áreas com tráfego pedestre frequente, não resultando em diferenças reais para o comportamento quanto à sujeira e limpeza. A experiência prática mostra que em muitos casos não há correlação entre este método de teste e os problemas de limpeza reais.

Deste modo, os fabricantes já estão aplicando seus próprios testes indicativos com sujeira de referência, cujos resultados não são acessíveis aos consumidores. Foi encomendado ao FGK por uma grande cadeia internacional de varejo uma nova abordagem para este problema. A ação foi iniciada devido ao aparecimento de manchas cinzas em larga escala com efeitos de mosaico visíveis nas superfícies de placas cerâmicas nas lojas da rede, embora todas as placas tenham passado com classe de manchamento mais elevada (Figura 1).



**Figura 1.** Manchas fortes na superfície, levando a grandes transições de cores em pisos (esquerda) e fortes efeitos visíveis e localizados de mosaico (direita).

## 2. Desenvolvimento

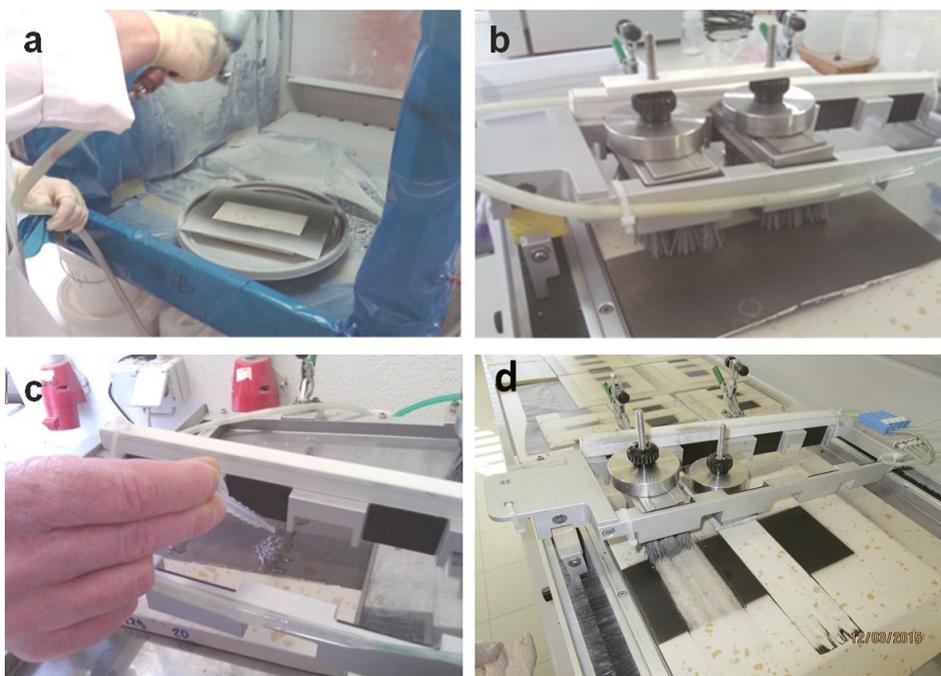
Um teste relevante deve ser desenvolvido, focando dois aspectos do problema: além do esforço para limpeza o comportamento quanto à sujeira deve ser investigado. Limpeza com pouco esforço, mas com muita frequência, é uma reclamação constante que aparece em avaliações de desempenho insatisfatório para pisos. Neste caso, um teste de referência baseado em recomendações da Associação Industrial Alemã para Higiene Pessoal e Detergentes para teste de qualidade de agentes de limpeza para uso geral foi adaptado para superfícies cerâmicas [5,6]. Este teste baseia-se no desenvolvimento de uma mistura de óleo de amendoim, caulim e fuligem para compor um solo adesivo gorduroso com partículas de sujeira e assim simular sujeira das ruas, resíduos abrasivos de solas de sapatos e de carrinhos de supermercado e contaminação de lojas de conveniência e de produtos derramados. A mistura deve ser envelhecida por um mês à temperatura ambiente para formar um agente de sujeira com as propriedades necessárias de dispersão e adesão. Antes do uso ela é diluída e misturada com isopropanol para formar um spray que pode então ser aplicado às amostras usando um padrão (Figura 2a). As amostras são então armazenadas por três dias à temperatura ambiente, permitindo assim que a sujeira adira à superfície antes do teste.

A determinação da limpabilidade é feita com o uso de um limpador de teste automático com multipistas usando escovas, esponjas ou tecidos preparados para tal fim. A Figura 2 mostra o uso de escovas, como é comum para a limpeza e manutenção de grandes áreas recobertas com pisos. Para assegurar a pressão correspondente, o

teste é executado com o auxílio de um peso adicional aplicado à escova. Após a montagem das escovas são utilizados 2,5 mL de um agente de limpeza comum (na maioria dos casos o agente de limpeza real usado nas áreas em estudo) em sua diluição normal, aplicado sobre a superfície cerâmica suja por meio de uma pipeta e sobre a trilha correspondente à escova em uso (Figura 2c). Testes paralelos podem ser executados em um limpador multipistas. Antes do primeiro uso, escovas novas devem ser usadas sobre uma placa limpa por até 100 movimentos, pois as arestas cortantes de uma escova nova podem distorcer a medição. A velocidade da escova foi ajustada para 20 movimentos/min (movimentos de ida e volta).

Foi conduzido um grande número de testes preliminares para determinar o número de movimentos de limpeza necessário para obter uma clara diferenciação da superfície que pudesse ser correlacionada com a prática. Além do número de movimentos necessários para limpar a superfície (se possível), a nitidez da transição da área limpa é levada em consideração. Esta é uma medida da tendência de penetração da sujeira na superfície, levando a uma descoloração cinza, frequentemente observada na prática. Isto possibilita avaliar visualmente a remoção da sujeira mais grosseira, bem como avaliar como a superfície reagirá com a sujeira a longo termo.

Deve-se ressaltar que estes resultados podem ser bem diferentes se o sistema de limpeza é ajustado: o uso de outras escovas ou almofadas para superfícies específicas leva a melhores resultados, indicando como a limpeza e manutenção regulares do piso podem ser otimizadas.

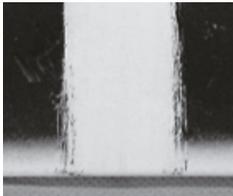
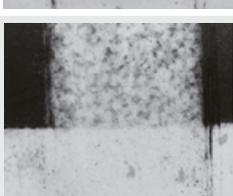


**Figura 2.** Aplicação da sujeira sobre a placa (a) e teste com escovas montadas em um escovador de multipistas (b). Em (c) é mostrada a aplicação do limpador sobre a pista de teste. O resultado do teste pode ser visto em (d).

Para a validação do método, placas restantes não instaladas e placas instaladas da rede varejista foram amostradas de diferentes locais, com sujidades claramente distintas. Em laboratório, estas placas foram limpas mecanicamente e quimicamente por ultrassom e por limpeza alcalina/ácida alternadamente e então foram

testadas. Os resultados após o 6° e 15° movimentos, bem como após 15 movimentos adicionais (após limpeza com escova e nova aplicação de agente de limpeza) foram adequados para a classificação da limpabilidade e sujidade da superfície em relação ao comportamento real da superfície das placas in situ (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação dos resultados do teste de limpabilidade com relação aos requisitos de limpeza esperados e à susceptibilidade de sujidade.

Referência	Classificação	Sujeira residual			Transição área limpa	Requisito esperado de limpeza e susceptibilidade à sujeira
		Após 6 movimentos	Após 15 movimentos	Após 15+15 movimentos		
	5/ muito boa	Não visível				Fácil de limpar, não suscetível à sujeira
	4/ boa		Não visível			Fácil de limpar, não suscetível à sujeira
	3/ suficiente		Levemente visível	Não ou dificilmente visível	Não visível	Requisito padrão de limpeza, não suscetível à sujeira
	2/ insuficiente		Levemente visível	Resíduos locais, levemente cinza em alguns lugares ou em toda a superfície	Levemente visível	Requisito elevado de limpeza, suscetível à sujeira
	1/ deficiente		Claramente visível	Claramente visível	Claramente visível	Requisito elevado de limpeza, muito suscetível à sujeira
	0/ pobre		Pronunciada	Pronunciada	Transição pronunciada	Limpeza dificilmente possível, muito suscetível à sujeira

### 3. Resultados e Discussão

O padrão de sujeira in loco foi classificado de acordo com a classificação descrita para amostras de laboratório em relação à severidade do padrão de sujeira existente. Foi possível estabelecer uma concordância significativa dos resultados dos testes de laboratório com a avaliação in loco. As diferenças nos resultados podem ser explicadas por efeitos de escala devidos à elevada dureza da água, detectada como traços de carbonato pelo tratamento ácido. A Figura 3 mostra os padrões de sujidade em escala de laboratório relacionados à situação real in loco. Para os casos em que houve um desvio significativo desta correlação, a limpeza não adequada no local (dosagem do agente de limpeza, velocidade de limpeza) foi determinada como a causa das diferenças de avaliação.

Foi realizada uma análise estatística qualitativa e quantitativa dos fatores que influenciam a avaliação visual em escala de laboratório com base no potencial do teste. Foi testada a influência da quantidade de agente de limpeza, condição das escovas, aplicação da sujeira, tempo de secagem e interpretação visual das diferentes amostras por diferentes operadores por planejamento experimental. A condição das escovas teve a influência mais importante na avaliação, o que eventualmente pode levar a um desvio na classificação.

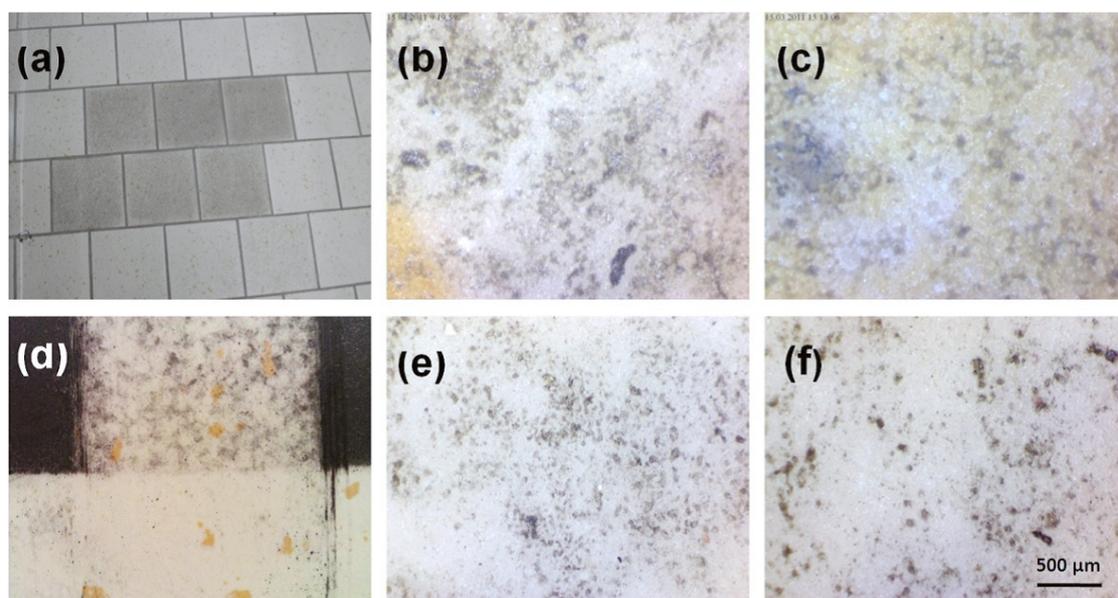
Com base nestes resultados, o procedimento real de teste otimizado foi transcrito em um relatório descritivo, disponível para consumidores, institutos e departamentos de desenvolvimentos para o setor de placas cerâmicas.

#### 3.1. Topografia como uma ferramenta de validação objetiva

Para avaliar os efeitos da resistência ao escorregamento em conjunto com o comportamento em limpeza e sujidade, especialmente quando estes efeitos devem ser considerados durante o período de uso, outro parâmetro objetivo torna-se necessário, de modo que descreva a natureza e as mudanças na superfície real, independentemente de seu comportamento funcional.

No escopo do projeto europeu de pesquisa coletiva denominado “SlipSTD: Desenvolvimento de superfícies padrão resistentes a escorregamento”, parte do consórcio internacional de institutos líderes nas áreas de cerâmica, tribologia, segurança no trabalho e seguro obrigatório de acidentes bem como organizações de arquitetura e fabricantes de placas cerâmicas, o FKG desenvolveu um método para caracterização de superfícies cerâmicas por perfilometria óptica com base nas normas internacionais de Especificação de Produtos Geométricos (GPS), Normas de Textura Superficial ISO 4287 e EN ISO 4288 [7-9].

Pôde ser estabelecida uma clara correlação da topografia superficial com o risco de escorregamento esperado para diferentes tipos de superfície. Este estudo tornou possível uma interpretação e classificação da superfície, independentemente de interpretações distintas da resistência ao escorregamento como resultado do uso de diferentes métodos de teste. Esta classificação incluiu a avaliação do tipo e quantidade da contaminação esperada, em conjunto com as condições a serem cumpridas em relação às medidas de controle e procedimentos de



**Figura 3.** Comparação da avaliação in loco com os testes de limpeza: (a) fotografia das placas sujas in loco, (d) fotografia do padrão de sujidade reproduzido em laboratório, (b) imagem de microscópio da superfície da placa suja tirada de (a), (e) imagem de microscópio da superfície testada tirada de (d), (c) imagem de microscópio de outra placa com menos sujidade, (f) imagem de microscópio da superfície testada tirada de (c).

limpeza implementados para a aplicação específica, em uma aproximação holística [3,7].

O método é baseado na determinação de dados topográficos, a partir de valores não filtrados de rugosidade, os quais podem resultar em uma descrição útil do perfil real. Deve-se observar que os valores bem conhecidos Ra e Rz representam os parâmetros filtrados, que podem mascarar diferenças reais relevantes dos perfis superficiais. As medições por contato são levadas a seu limite, especialmente para placas relativamente rugosas, e não podem assim ser utilizadas para mostrar a altura característica dos perfis das placas. Medições ópticas com aberração cromática – a mudança do espectro retro espalhado da luz branca focalizada – permite o manuseio de uma área de medição necessariamente maior (até 56 mm × 56 mm) com um intervalo de altura ajustável (até 1 cm) especialmente definido para caracterizar superfícies cerâmicas com um esforço aceitável [3].

Foram incorporados fatores de forma, bem como outros parâmetros, para interpretar os parâmetros de amplitude de superfície, especificando a razão de curvatura do material na profundidade do perfil (Figura 4). Após uma extensiva análise de correlação estatística, a rugosidade central, Pk, definida como a parte do perfil que suporta o carregamento principal, e o parâmetro Pp, definido como a altura do perfil acima da linha média, representativo

dos picos salientes do perfil, foram estabelecidos como parâmetros significativos, definindo assim o “perfil” da superfície. A profundidade de vale reduzida, abaixo da rugosidade central, e o “volume de retenção de óleo” calculado neste intervalo de profundidade definem o comportamento real de limpabilidade e sujidade.

Um resultado significativo do projeto foi a especificação e verificação da adequação dos distintos métodos de teste de escorregamento sobre diferentes tipos de superfícies, que agora podem ser diferenciados quantitativamente, usando os parâmetros de superfície mencionados, como mostrado na Figura 5.

Este resultado confirma as diferenças entre os métodos mencionados para os valores de superfície específica estudados e explica porque não é possível estabelecer correlações entre estes métodos em todo intervalo de topografia de superfície disponível. Confirma que, para superfícies suaves, outros parâmetros como o meio de escorregamento, velocidade de medição e tipo de deslizador são mais importantes do que a topografia real e que, com o aumento da rugosidade, pode ser feita uma correlação entre os métodos. Para rugosidades muito elevadas esta correlação é perdida novamente, pois perde-se superfície de contato dependendo do material e da geometria do deslizador/calçado, sendo mais importantes os parâmetros

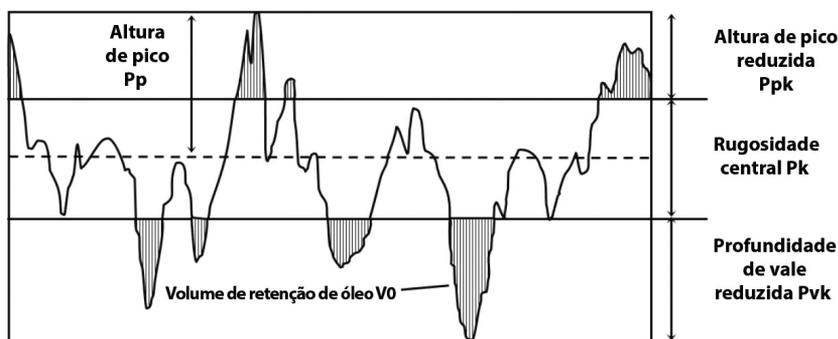


Figura 4. Parâmetros topográficos relevantes que definem a resistência ao escorregamento e o comportamento em limpeza e sujidade.

Métodos de teste	DCOF (FSC2000 - GMG 200)		Medição de DCOF é prejudicada pela perda de contato com a superfície		
	Medição de DCOF pode superestimar a resistência ao escorregamento real devido a efeitos de adere-desliza ("stick-slip")		Rampa		
	Pêndulo		Medição de pêndulo é prejudicada pela variação de impacto		
Superfície	Pk < 50 µm Pp < 90 µm	Pk > 50 µm Pp > 90 µm	Pk > 100 µm Pp > 200 µm	Pk > 150 µm Pp > 300 µm	Pk > 300 µm Pp > 700 µm
SlipSTD	Grupo 1/ suave	Grupo 2/ arenosa, micro rugosidade	Grupo 3/ estruturada e com textura		Superior ao Grupo 3/ com perfil

Figura 5. Adequação de distintos métodos de teste de escorregamento em função das características superficiais.

de forma de perfil. Isto tem um papel fundamental na avaliação da durabilidade da resistência ao escorregamento.

### 3.2. Durabilidade da resistência ao escorregamento e comportamento à limpeza

A implementação da caracterização da topografia superficial cria uma base para avaliar objetivamente as mudanças na resistência ao escorregamento, bem como no comportamento à limpeza com o tempo. Para utilizar este método em placas já instaladas uma técnica de réplica foi utilizada, precisa o suficiente para estabelecer mudanças relevantes na topografia superficial, sem a necessidade da extração das placas da parede onde estavam. Uma réplica de silicone foi utilizada, vertendo-se uma mistura bi componente sobre a superfície das placas, capaz de duplicar a rugosidade com uma precisão de 2 µm e pronta para ser removida após cerca de 20 min, Figura 6.

Um método adequado de abrasão teve de ser desenvolvido para simular para simular as mudanças reais devidas ao uso e abrasão da superfície das placas in loco. Como a determinação da abrasão segundo o método de teste EN ISO 10545-7 (PEI) resulta em um padrão de abrasão não uniforme, com um maior efeito abrasivo na borda da superfície testada, outra abordagem foi utilizada.

Como os testes internacionais citados são baseados em abrasão linear e em pequenas superfícies tratadas, foi considerada a abrasão radial para amostras maiores, como ocorre no método de rampa alemão, que especifica amostras com tamanhos de 50 cm × 100 cm. Este tamanho de amostra resulta em uma superfície que também pode ser medida pelos outros métodos que estão incorporados na Especificação Técnica Europeia [4].

O uso de almofadas abrasivas em um dispositivo único de limpeza foi otimizado e validado usando-se medições de topografia para comparar os resultados de laboratório com superfícies idênticas em uso in loco. Foi possível estabelecer que os padrões de abrasão identificados sobre a superfície (indicados como ciclos) podem ser correlacionados aos efeitos reais de desgaste: 20 ciclos de abrasão em laboratório correspondem aos efeitos de desgaste após 1,5 anos em uma área de elevado tráfego sujeita à sujeira abrasiva (lojas de varejo, shoppings, saguões de estações de trem). Neste caso, mudanças similares no perfil de base da rugosidade e alturas reduzidas de picos, que suavizam a superfície, puderam ser detectadas com a mesma magnitude daquelas encontradas na superfície das placas in loco, como mostra a Figura 7.



Figura 6. Técnica de réplica utilizada (esquerda) e visualização da duplicata (réplica) da superfície (direita, invertida).

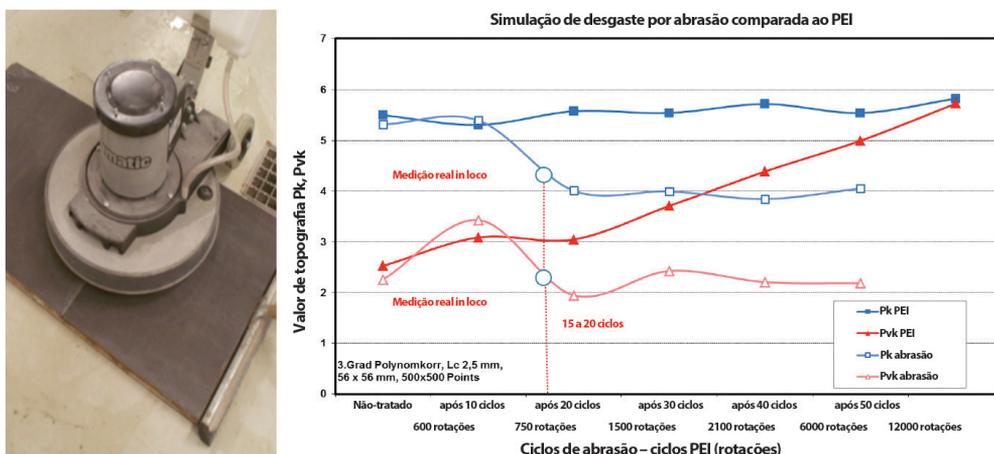


Figura 7. Validação do método de simulação de abrasão pela comparação topográfica dos resultados PEI e de superfícies reais in loco, aqui demonstrado pelos valores de Pk e Pvk (superfície das placas do grupo 1, ver também Figura 8).

Efeitos do desgaste sobre a resistência ao escorregamento de acordo com o método da rampa segundo a norma DIN 51130

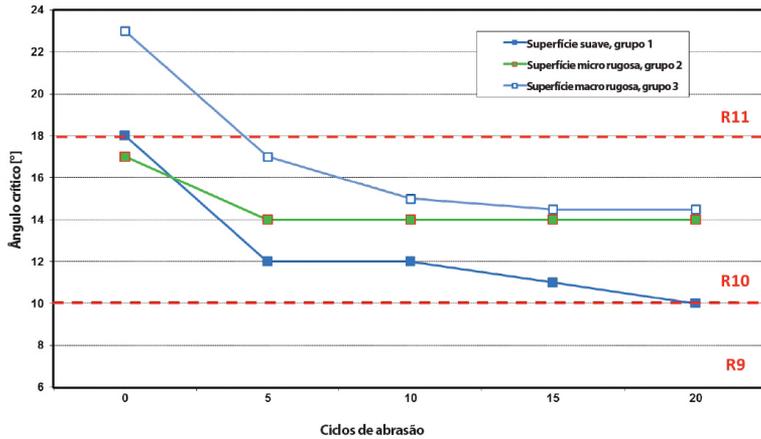


Figura 8. Diminuição da resistência ao escorregamento devida à abrasão medida pelo método da rampa segundo a norma DIN 51130.

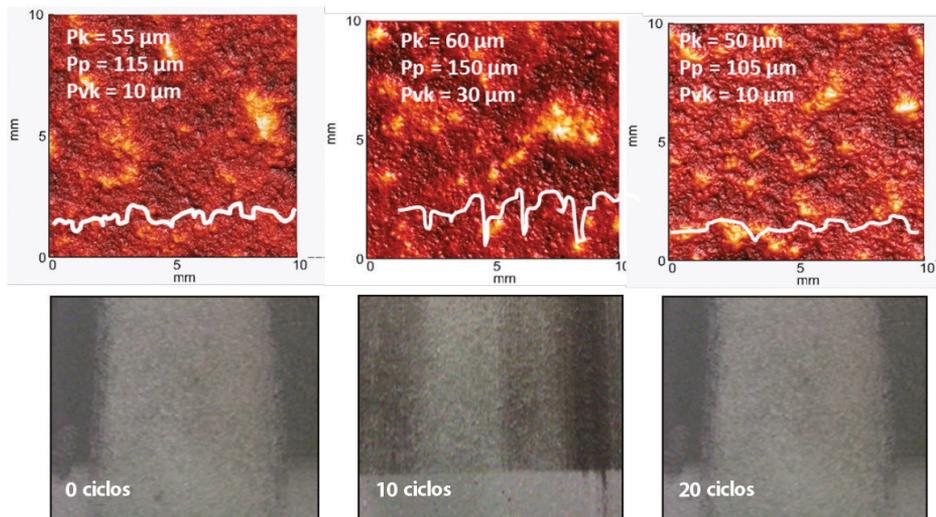


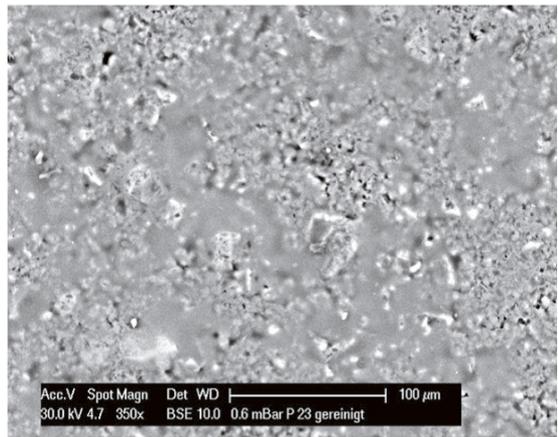
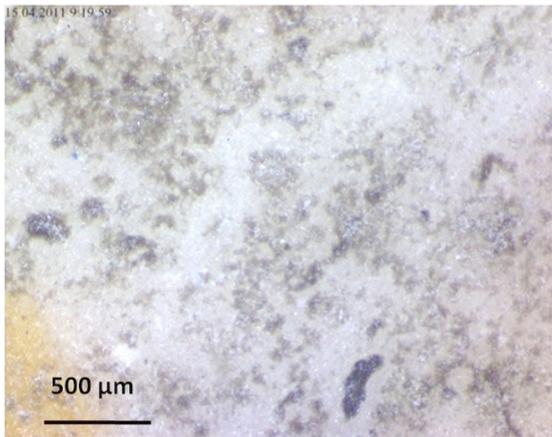
Figura 9. (Acima) Topografia dos efeitos do desgaste em uma superfície micro rugosa (grupo 2), representação 2D, perfil e valores característicos; e (Abaixo) comportamento à limpeza real como medido em laboratório para a superfície limpa.

A medição da durabilidade da resistência ao escorregamento pode ser agora avaliada simultaneamente com a durabilidade dos efeitos de limpeza. As superfícies abrasonadas foram testadas e classificadas usando o método citado (Tabela 1) e investigadas com o auxílio de microscopia e de métodos de caracterização topográfica. Deste modo, efeitos não óbvios puderam ser explicados:

Foi possível determinar que a susceptibilidade à sujeira é não é dependente apenas da rugosidade, mas também do percentual e profundidade dos poros e depressões na superfície, que não são relevantes para a resistência ao escorregamento. Enquanto a resistência ao escorregamento tende a decrescer, o comportamento da superfície quanto à limpeza pode ter um desenvolvimento negativo nos primeiros estágios da abrasão pela remoção da camada superior da superfície. P.ex., para placas com superfície do grupo 2, com uma aplicação de selante de fábrica, os

poros e inclusões foram descobertos, levando à deterioração do comportamento quanto à limpeza. Mais tarde estes poros, depressões e buracos podem ser suavizados novamente, e neste caso a limpabilidade é melhorada e a sujeira é reduzida (Figura 9), enquanto a resistência ao escorregamento permanece baixa. Esta alteração pode ser quantificada pela mudança na profundidade de vale reduzida, Pvk, que inicialmente aumenta e então é reduzida, uma indicando a redução da profundidade dos poros e buracos (ver também Figura 7).

Estes fenômenos são os mais importantes nos problemas de limpeza, mesmo para o caso das superfícies polidas. Em placas cerâmicas não-esmaltadas os acabamentos de fábrica não-homogêneos, que deveriam aumentar a resistência às manchas, foram detectados como uma das possíveis causas para a susceptibilidade à sujeira (Figura 10). Estes efeitos agora podem ser analisados



**Figura 10.** Imagem de microscópio da superfície micro rugosa de uma placa suja (esquerda); e imagem de microscopia eletrônica de varredura da superfície após a limpeza (direita). A não-homogeneidade do revestimento superficial pode ser claramente observada na direita.

quantitativamente, permitindo o desenvolvimento do design e de critérios de produção para se obter superfícies fáceis de serem limpas. Por exemplo, para placas com micro rugosidades, a profundidade de vale reduzida, com um máximo de 6 µm, ou um volume de retenção de óleo sv0, com uma área de deslocamento máxima neste intervalo de profundidade de 0,3 µm<sup>3</sup>/µm<sup>2</sup>, agora podem ser medidos como valores críticos. Excedendo-se estes valores leva a um forte aumento da susceptibilidade à sujeira. Neste caso a limpeza mecânica não é eficiente, requerendo um considerável esforço mecânico de limpeza, com o uso de agentes de limpeza com ação penetrante contendo surfactantes.

#### 4. Considerações Finais

Para resumir, pode-se dizer que o método de abrasão descrito provou simular os efeitos de desgaste que podem ser correlacionados com o desgaste in loco por medições de topografia. O método também oferece a possibilidade de correlacionar distintos métodos de medição de durabilidade ao escorregamento, para as mesmas superfícies, e simultaneamente é possível avaliar as propriedades de limpeza utilizando-se o novo teste para o comportamento à limpeza e à sujeira. Desta forma, uma base foi criada para o desenvolvimento de resistência durável ao escorregamento e de superfícies fáceis de limpar, com pouca susceptibilidade à sujeira. A transferência do método de abrasão para uma configuração de laboratório, reduzindo assim o impacto manual pela utilização de ciclos de abrasão automatizados, auxiliará a melhorar a reprodutibilidade e repetibilidade do método. Mais estudos sobre os efeitos do desgaste em diferentes áreas de aplicação podem levar a um melhor entendimento dos efeitos do desgaste em distintas situações práticas. O método oferece uma ótima base para mostrar os requisitos que são necessários para a Regulação de Produtos de Construção Europeus. No momento, o processo já está em uso pelos fabricantes de placas que trabalharam em

colaboração com o FGK como um apoio relevante para o desenvolvimento de práticas e suporte para o controle de produção, onde o teste padrão para determinação da resistência às manchas falha em mostrar os problemas reais de limpeza.

#### Referências

- [1] Regulation (EU) No. 305/2011 of the European Parliament and of the council of 9 March 2011: Laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC (Text with EEA relevance), Official Journal of the European Union, 4.4.2011, L 88/5.
- [2] Strautins, C.J., “Sustainable Slip Resistance: an opportunity of Innovation”, Proceedings of Qualicer 2008, Castellon, Spain.
- [3] Tari G., Brassington K., Tenaglia A., Thorpe S., Engels M., “SlipSTD Publicly Available Specification (SlipSTD PAS): Classification of hard floor coverings according to their contribution to reduce the risk of pedestrian slipping”, authorised by the SlipSTD Steering Committee, 2009 (www.slipstd.com).
- [4] CEN/TS 16165:2012 Determination of slip resistance of pedestrian surfaces. Methods of evaluation.
- [5] Fitzner A., Aßmus U, “Empfehlung zur Qualitätsbewertung der Produktleistung von Allzweckreinigern“, SÖFWJournal, 130, 10 (2004), p. 83 - 93.
- [6] Engels M., “Development of a Process for the Application-oriented Investigation of the Cleanability of Tile Surfaces“, cfi/Ber. DGK 90 (2013) Nr. 3, E1 – E4.
- [7] Engels M., Tenaglia A., Tari G., The classification of hard floor coverings according to slip risk: A new approach for ceramic floor coverings. Proceedings of the Qualicer XI Global Forum on Ceramic Tiles (CDROM).
- [8] EN ISO 4287:2009 Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters (ISO 4287:1997 + Cor 1:1998 + Cor 2:2005 + Amd 1:2009).
- [9] EN ISO 4288:1997 Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture: Profile method. Rules and procedures for the assessment of surface texture (ISO 4288:1996).