

Estudo da influência dos maquinários no processo de polimento: avaliação da resistência às manchas de revestimentos cerâmicos

Reginaldo Francisco Zeferino Junior^a, Laura Savi Rosso^{a*}, Maria Laura Mezzari Mariot^a,
Natalia da Coreggio Redivo^a, Aline Bartosiak Rodrigues Peruchi^a, Aline Demarch^a, Angela Waterkemper^a

^aMohawk Brasil, Rua Maximiliano Gaidzinski 245, Cocal do Sul, Santa Catarina, Brasil

* e-mail: laurasavirrosso@hotmail.com

Resumo:

A indústria de revestimentos cerâmicos no Brasil tem demonstrado crescimento contínuo, com destaque para a produção de porcelanatos polidos. O processo de polimento, embora responsável por conferir um acabamento esteticamente superior, apresenta desafios, como a propensão ao manchamento devido à abertura de poros na superfície. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar a influência do fluxo de processo de polimento na resistência ao manchamento e nas características de brilho de porcelanatos polidos. Para isso, ensaios de resistência ao manchamento foram realizados conforme as normas ABNT NBR ISO 10545-14 e ASTM C 1378-04, submetendo amostras de diferentes etapas do processo de polimento tanto a testes rápidos (15 minutos) quanto testes com tempo de ação dos agentes manchantes de 24 horas. Os resultados mostraram que, entre os maquinários estudados, o equipamento "Super Shine" apresentou um desempenho inferior em relação à resistência ao manchamento, enquanto o polimento com o equipamento "Brush" demonstrou maior eficiência na redução da porosidade e, conseqüentemente, na resistência à penetração de manchas. Em conclusão, a otimização do fluxo de polimento, especialmente com a utilização do equipamento Brush, pode representar uma solução eficaz para melhorar a resistência ao manchamento e o desempenho geral dos porcelanatos polidos, apesar disso, testes mais aprofundados precisam ser realizados para confirmar viabilidades técnicas e econômicas.

Palavras-Chave: Revestimentos cerâmicos, porcelanatos polidos, processo de polimento, resistência ao manchamento.

1. INTRODUÇÃO:

A indústria de revestimentos cerâmicos tem experimentado um crescimento significativo no mercado global, impulsionada pela evolução das técnicas de produção e pelo aprimoramento do controle de qualidade do produto final [1]. Esse crescimento é refletido na posição do Brasil como um dos principais produtores e exportadores mundiais de revestimentos cerâmicos. De acordo com a Anfacer, em 2023, o país se destacou como o terceiro maior produtor mundial e o sexto maior exportador, com o porcelanato polido sendo um dos produtos mais comercializados [2][3].

O processo de polimento é responsável por conferir uma estética brilhante e de alta aceitação comercial aos porcelanatos. Porém, em contrapartida, uma camada de cerca de 0,2 a 0,5 mm da superfície é removida, fazendo com que uma fração dos poros fechados passe a fazer parte

da nova superfície, gerando desafios técnicos, sendo o manchamento uma das principais desvantagens [4]. A literatura especializada revela que a resistência ao manchamento é uma característica frequentemente problemática nos porcelanatos polidos, comprometendo a sua funcionalidade e estética [2][5].

Além disso, um estudo realizado demonstrou que o manchamento está diretamente relacionado ao diâmetro dos poros presentes na superfície polida [6]. Sendo assim, a eliminação de poros com diâmetros entre 5 e 20 µm pode minimizar esse fenômeno, como demonstrado na Tab.1.

Tabela 1. Diâmetro médio dos poros [6]

Diâmetro médio dos poros (µm)	% de poros
< 5 µm	60,39 ± 2,51
5 – 20 µm	37,96 ± 1,28
> 20 µm	1,65 ± 0,54

O processo de polimento é realizado por um equipamento equipado com várias cabeças polidoras, compostas por materiais abrasivos. Durante o processo, água é utilizada para auxiliar no acabamento, e as peças são submetidas à alta rotação com velocidade controlada, como ilustrado na Fig.1. À medida que a peça avança na máquina, os abrasivos empregados apresentam uma granulometria progressivamente mais fina e menor capacidade abrasiva, até alcançar o acabamento desejado, formando uma nova superfície. Essa superfície polida resulta em poros abertos, que, embora proporcionem um acabamento esteticamente superior, representam a principal desvantagem do processo, pois podem ser propensos ao manchamento, como discutido anteriormente [5][10].

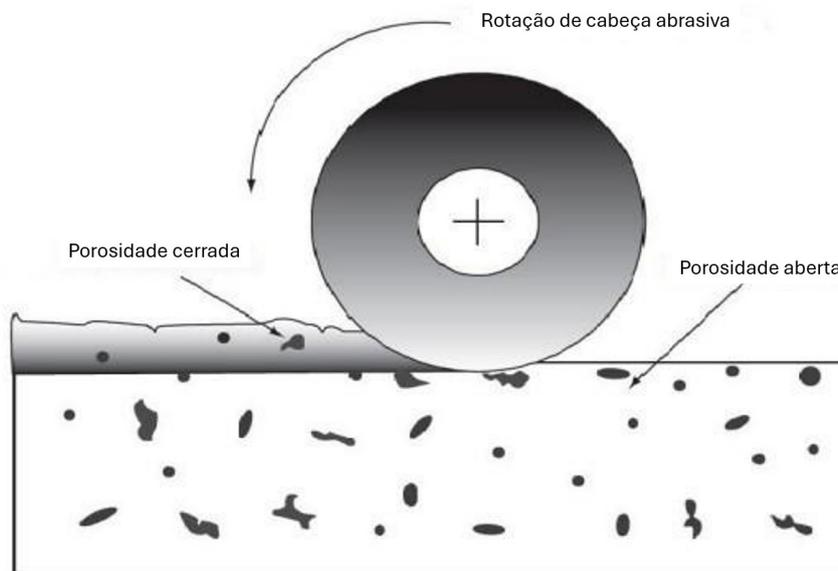


Figura 1. Princípio do polimento no porcelanato [6]

Para avaliar a resistência a manchas nos revestimentos cerâmicos, as normas ABNT NBR ISO 10545-14 [7] e ASTM C 1378-04 [8] estabelecem procedimentos específicos de teste. Uma das principais diferenças entre esses métodos está nos agentes manchantes utilizados, que variam conforme a norma. Os agentes incluem rejunte, tinta de tonner, tinta de carimbo, caneta hidrocor, permanganato de potássio, azul de metileno, solução verde de cromo em óleo leve, solução alcoólica de iodo e óleo de oliva. Além disso, as normas classificam os métodos de avaliação de maneiras distintas, levando em consideração diferentes critérios de análise, conforme ilustrado na Tab.2 e Tab.3.

Tabela 2. Classificação ABNT NBR ISO 10545-14 [7]

Classe de limpabilidade	Remoção de manchas
Classe 5	Máxima facilidade de remoção de mancha
Classe 4	Mancha removível com produto de limpeza fraco
Classe 3	Mancha removível com produto de limpeza forte
Classe 2	Mancha removível com ácido clorídrico, hidróxido de potássio e acetona
Classe 1	Impossibilidade de remoção da mancha

Tabela 3. Classificação ASTM C 1378-04 [8]

Classe de resistência a manchas	n° de amostras manchadas
A	0
B	1
C	2
D	3
E	4 ou mais

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi investigar o fluxo do processo de polimento de superfícies cerâmicas, visando reduzir a porosidade das peças e otimizar o desempenho das máquinas Super Shine e Brush, modelos de polidoras da marca BMR, amplamente utilizadas nesta etapa. A otimização desse processo tem o potencial de reduzir significativamente os custos operacionais para as empresas do setor cerâmico, além de beneficiar os consumidores finais com produtos de maior qualidade técnica e estética. Ao focar na melhoria da eficiência do polimento, este estudo contribui para o aprimoramento das características dos porcelanatos polidos, elevando seu desempenho e valor no mercado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

Inicialmente, realizou-se a coleta das amostras a serem avaliadas, compostas por placas cerâmicas, especificamente porcelanatos polidos, com dimensões de 90×90 cm. Essas placas foram sinterizadas a 1200 °C em forno industrial e passaram por um período de resfriamento de forma natural 48 horas antes de serem submetidas ao processo de polimento. A Tab.4 apresenta detalhes sobre a amostragem realizada.

Tabela 4. Granas utilizadas nas politrizes

Cabeçotes	Turno A	Turno B	Turno C
	1ª Politriz	2ª Politriz	3ª Politriz
	Grana	Grana	Grana
1	240	600	1200
2	320	600	1200
3	320	600	1800
4	320	800	1800
5	320	800	1800
6	400	800	1800
7	400	800	3500
8	400	800	3500
9	400	1000	3500
10	400	1000	3500
11	400	1000	3500
12	600	1000	5000
13	600	1000	5000
14	600	1000	5000
15	600	1200	5000
16	600	1200	5000

Conforme ilustrado na Tab.4, o processo de polimento é dividido em três turnos, utilizando três tipos de politrizes. Na primeira etapa, o revestimento passa por uma sequência de três máquinas politrizes Leviga, da empresa BMR. Em seguida, é submetido ao polimento na máquina Super Shine, também da empresa BMR. Por fim, passa pela máquina Brush, outra polidora do mesmo fabricante. As máquinas citadas anteriormente estão ilustradas na Fig.2.

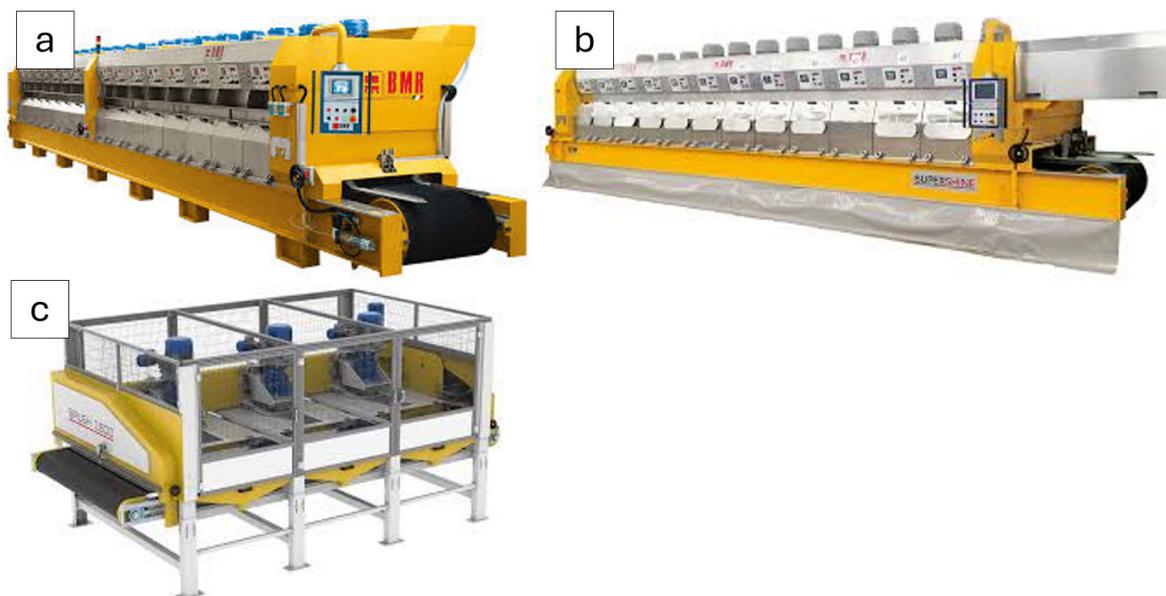


Figura 2. Tipos de politrizes utilizadas: (a) Politriz Leviga [9]; (b) Politriz Super Shine [9]; (c) Politriz Brush [9]

À medida que as peças avançam na máquina, os abrasivos empregados apresentam uma granulometria («grana») progressivamente mais fina ao longo dos cabeçotes. Para a análise, foram selecionadas as amostras com menor e maior brilho após a passagem completa (por todos os cabeçotes) por cada uma das politrizes (Politriz, Super Shine e Brush).

Após a seleção, as amostras foram submetidas ao ensaio de resistência a manchas no mesmo dia em que o polimento foi concluído. Os testes foram realizados seguindo as diretrizes das normas ABNT NBR ISO 10545-14 e ASTM C 1378-04, empregando tanto o método de testes rápidos (15 minutos) quanto testes com tempo de ação dos agentes manchantes de 24 horas.

Os corpos-de-prova utilizados apresentavam superfícies limpas e secas, sobre as quais foram aplicadas duas gotas de cada agente manchante. Os agentes empregados incluíram óxido de cromo verde em óleo leve, óleo de oliva, rejunte contraste em forma de pasta, tinta de tonner, tinta preta não solúvel em água (como a tinta lavável Parker ou equivalente), solução a 1% de azul de metileno e argila vermelha [7][8].

A remoção dos agentes manchantes foi realizada seguindo a sequência descrita a seguir: 1) lavagem inicial com água corrente por 5 minutos, seguida de secagem com pano úmido; 2) limpeza manual com “produto de limpeza fraco”, utilizando uma esponja macia, seguida de nova lavagem com água corrente e secagem com pano úmido; 3) limpeza com “produto de limpeza forte” (pasta saponácea), utilizando uma esponja macia por 2 minutos, seguida de lavagem com água corrente e secagem com pano úmido; 4) finalização do processo com aplicação de solvente específico para remoção de manchas, incluindo ácido clorídrico, hidróxido de potássio e acetona, seguida de lavagem com água corrente e secagem com pano úmido [7][8].

Após cada etapa de limpeza, os corpos-de-prova foram cuidadosamente secos e então submetidos a um exame visual. A superfície das peças foi inspecionada a olho nu, a uma distância de 25 a 30 cm,

sob iluminação de aproximadamente 300 ± 30 lux. Manchamentos penetrantes foram considerados somente quando o pigmento se tornava visível. Caso a mancha fosse removida, registrava-se a classe de resistência às manchas de acordo com o processo sistemático ilustrado na Fig.3.

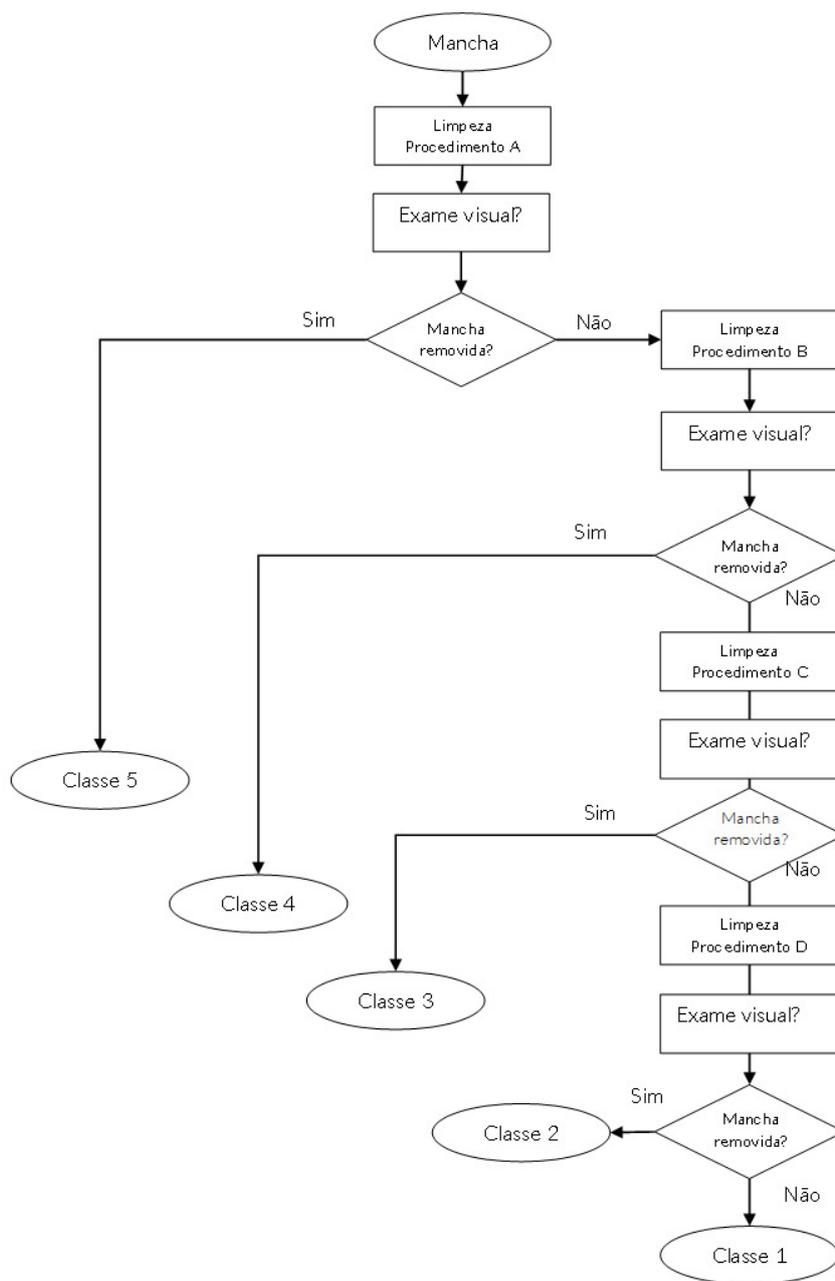


Figura 3. Classificação de resistência ao manchamento [7]

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

As análises das amostras produzidas em escala industrial tiveram como objetivo avaliar a influência do fluxograma de polimento nas características técnicas de resistência a manchas e brilho, conforme apresentado na Tab.5, Tab.6 e Tab.7. Para cada amostra, registrou-se individualmente a classe da mancha, seguindo os passos da Fig.3. Além disso, calculou-se a média das classes de manchas de todos os agentes manchantes aplicados àquela amostra, denominando-a de “limpabilidade absoluta”.

Tabela 5. Ensaio de resistência a manchas pós-Brush

Agentes manchantes	Brilho: 91		Brilho: 90,4		Brilho: 91		Brilho: 90,4	
	Tempo: 15 min		Tempo: 15 min		Tempo: 24 h		Tempo: 24 h	
	Limpabilidade individual	Limpabilidade absoluta						
Argila	5		5		5		5	
Rejunte	5		5		5		5	
Óleo de oliva	5		5		5		5	
Tinta de tonner	5		5		5		5	
Verde de cromo	5	4,5	5	4,38	5	4,88	5	4,75
Azul de metileno	4		4		5		5	
Canetinha preta	4		3		5		4	
Tinta de carimbo	3		3		4		4	

Tabela 6. Ensaio de resistência a manchas pós-Super Shine

Agentes manchantes	Brilho: 96,3		Brilho: 81,2		Brilho: 96,3		Brilho: 81,2	
	Tempo: 15 min		Tempo: 15 min		Tempo: 24 h		Tempo: 24 h	
	Limpabilidade individual	Limpabilidade absoluta						
Argila	5		5		5		5	
Rejunte	5		5		5		5	
Óleo de oliva	5		5		5		5	
Tinta de tonner	5		5		5		5	
Verde de cromo	5	4	5	3,88	5	4,13	5	4,00
Azul de metileno	3		2		4		3	
Canetinha preta	2		2		2		2	
Tinta de carimbo	2		2		2		2	

Tabela 7. Ensaio de resistência a manchas pós-Politriz

Agentes manchantes	Brilho: 89,7		Brilho: 65,1		Brilho: 89,7		Brilho: 65,1	
	Tempo: 15 min		Tempo: 15 min		Tempo: 24 h		Tempo: 24 h	
	Limpabilidade individual	Limpabilidade absoluta						
Argila	5		5		5		5	
Rejunte	5		5		5		5	
Óleo de oliva	5		5		5		5	
Tinta de tonner	5		5		5		5	
Verde de cromo	5	4,13	5	4,00	5	4,25	5	4,13
Azul de metileno	4		3		4		4	
Canetinha preta	2		2		3		2	
Tinta de carimbo	2		2		2		2	

Observou-se que, em relação ao brilho, o equipamento Super Shine obteve melhores resultados quando comparado ao Brush (Tab.6 e Tab.7). No entanto, verificou-se uma oscilação nos resultados: a Super Shine mostrou uma vantagem de 5,3 GU (unidade de brilho) no ponto com maior brilho, enquanto o Brush obteve uma vantagem de 9,2 GU no ponto com menor brilho, conforme demonstrado na Tab.5 e Tab.6. Essas variações refletem a influência do tipo de equipamento utilizado no acabamento superficial das placas cerâmicas.

Em relação à resistência a manchas, os resultados revelaram uma correlação geral entre brilho e resistência ao manchamento, com superfícies mais brilhantes tendendo a apresentar maior resistência. No entanto, foram observadas exceções em que essa relação se inverteu. As peças polidas pela Super Shine apresentaram menor resistência às manchas quando comparadas com as polidas por outros equipamentos, o que pode ser explicado pelo comportamento dos poros. Durante o polimento, os poros são parcialmente fechados pela politriz Brush, reduzindo a absorção de agentes manchantes [5][6][11]. Já a politriz Super

Shine, ao exercer maior força ou pressão durante o polimento, pode gerar microporosidades na superfície, favorecendo a penetração de manchas.

Além disso, o tempo de ação dos agentes manchantes do grês polido demonstrou uma relação direta com a resistência às manchas. Placas que permaneceram em contato com agentes manchantes por períodos mais longos apresentaram maior impregnação das manchas. De maneira geral, o grês polido mostrou maior resistência a agentes formadores de película, com exceções notáveis, como a remoção de azul de metileno, caneta preta e tinta de carimbo.

Os demais agentes manchantes, conforme especificados nas normas ABNT NBR ISO 10545-14 e ASTM C 1378-04, apresentaram resultados ineficazes nos testes, sendo removidos com facilidade apenas com água corrente. Esse desempenho sugere a necessidade de revisar os agentes manchantes utilizados, propondo a inclusão de novos agentes que simulam manchas mais comuns no uso doméstico. A adição de agentes representativos do cotidiano ampliaria as possibilidades de validação da limpabilidade do material no ambiente doméstico, reforçando sua aplicabilidade e desempenho no mercado consumidor.

4. CONCLUSÕES:

A indústria de revestimentos cerâmicos, especialmente no setor de porcelanatos, busca aprimorar seus processos de polimento para melhorar a qualidade estética e a funcionalidade dos produtos, visto que, embora proporcione brilho, pode comprometer a resistência a manchas, afetando a durabilidade do material.

Os resultados dos testes de brilho e resistência a manchas demonstraram que é viável implementar um novo fluxograma no processo de polimento de porcelanatos, eliminando o uso do equipamento Super Shine. Embora o Super Shine proporcione maior brilho em alguns pontos, ele aumenta o diâmetro dos poros, o que diminui a resistência ao manchamento e favorece a penetração de manchas. Por outro lado, o equipamento Brush, embora apresente um brilho ligeiramente inferior, mostrou-se mais eficiente na redução da porosidade, oferecendo maior resistência ao manchamento. A diferença no brilho, embora pequena (0,63 GU), destaca a importância da combinação de ambos os fatores — brilho e resistência ao manchamento — que o Brush consegue proporcionar de maneira mais equilibrada.

A implementação desse novo fluxograma tem o potencial de reduzir custos operacionais e melhorar a qualidade do produto final, minimizando os problemas relacionados ao manchamento. Contudo, a validação dessa alteração exigirá novos testes comparativos entre o grês polido pelo processo tradicional e o grês submetido ao novo fluxo com apenas o Brush, a fim de confirmar a viabilidade técnica e econômica dessa modificação, garantindo que a qualidade do produto final seja mantida. Para avaliar melhor a eficiência da politriz Super Shine, sugere-se que, em trabalhos futuros, sejam testados diferentes tipos de impermeabilizantes e escovas.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem ao Colégio Maximiliano Gaidzinski e a equipe técnica da Empresa Mohawk Brasil, bem como aos seus colaboradores, pela disponibilização dos equipamentos, colaboração e orientação.

REFERÊNCIAS:

- [1] Gabaldón-Estevan D, Criado E, Monfort E, 2014. The green factor in European manufacturing: a case study of the Spanish ceramic tile industry. *Journal of Cleaner Production* 70, 242-250. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.018>
- [2] Wang C Y, Wei X, Yuan H, 2002. Polishing of ceramic tiles. *Materials and Manufacturing Processes* 17, 3, 401-413. <http://dx.doi.org/10.1081/amp-120005385>
- [3] Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER). Números do setor. <https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>
- [4] Rantes F J S, Galesi D F, Quinteiro E, Boschi A O, 2001. O manchamento e a porosidade fechada de grês porcelanato. *Cerâmica Industrial* 3, 6, 18-25.
- [5] Alves H J, Melchiades F G, Freitas M R, Boschi A O, 2010. Polimento em peças de porcelanato: avaliação da porosidade final e da resistência ao manchamento. *Cerâmica Industrial* 15, 1, 23-9.
- [6] Rodolfo R Y J, 2012. Resistencia a las manchas de revestimientos cerámicos. Cuenca: Curso de Tecnólogo em Cerâmica, Universidad del Azuay.

- [7] ABNT NBR ISO 10545-14, 2017. Placas cerâmicas. Parte 14: determinação da resistência ao manchamento. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- [8] ASTM C1378-04, 2014. Standard test method for determination of resistance to staining. West Conshohocken: American Society for Testing and Materials.
- [9] BMR. Produtos. <https://www.bmr.it/pt-br/produtos/>
- [10] Razer A B, 2015. Estudo da suscetibilidade ao manchamento em placas cerâmicas e porcelanatos. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [11] Menegazzo A P M, Dias L L, Quinteiro E, Paschoal J O A, Ribeiro K, Silva N G, Gibertoni C, 2005. Resistência ao manchamento de placas cerâmicas para revestimento: uma análise crítica das metodologias de ensaios das normas NBR 13818, ASTM e SASO. São Pedro: 49º Congr Bras Cerâmica 1-9.
- [12] Dondi M, Raimondo M, Zanelli C, 2008. Resistência ao manchamento de revestimentos cerâmicos. *Cerâmica Industrial* 5, 13, 39-45.