

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Felipe Eccel Lago

**MANCHAS EM PORCELANATO POLIDO: ANÁLISE DE
ALGUNS PRODUTOS ENCONTRADOS NO MERCADO
BRASILEIRO**

Porto Alegre

julho 2011

FELIPE ECCEL LAGO

**MANCHAS EM PORCELANATO: ANÁLISE DE PRODUTOS
ENCONTRADOS NO MERCADO BRASILEIRO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ana Luiza Raabe Abitante

Porto Alegre
julho 2011

FELIPE ECCEL LAGO

**MANCHAS EM PORCELANATO: ANÁLISE DE PRODUTOS
ENCONTRADOS NO MERCADO BRASILEIRO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2011

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante
Engenheira Civil
Orientadora

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. em Engenharia Civil pelo PPGEC/UFRGS

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)
Mestre em Engenharia da Produção pela UFSM

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela EPUSP

Dedico este trabalho a meus pais, Cláudio e Vera, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família pelo apoio e carinho.

Agradeço novamente aos meus pais, Cláudio e Vera, que foram essenciais para minha vida.

Agradeço aos meus irmãos, Eduardo e Rafael, que além de companheiros, foram exemplos a serem seguidos.

Agradeço a minha namorada, Daniela, que me auxiliou e me apoiou neste momento.

Agradeço a Profa. Ana Luiza Raabe Abitante, orientadora deste trabalho pela sua dedicação e auxílio.

Agradeço a todas as pessoas que fizeram e que fazem parte da minha vida e que contribuíram de alguma forma para alcançar esta conquista.

Há muitas maneiras de avançar, mas só uma maneira de
ficar parado.

Franklin D. Roosevelt

RESUMO

LAGO, F. E. **Manchas em porcelanato:** análise de produtos encontrados no mercado brasileiro. 2011. 64 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

O porcelanato vem ganhando relevância no mercado por ser um produto que alia boas propriedades técnicas com aspectos estéticos diferenciados. Porém, este produto apresenta uma propriedade que vem limitando seu crescimento: a resistência ao manchamento. Desta forma, este trabalho versa sobre a comparação, quanto à resistência ao manchamento, entre placas cerâmicas tipo porcelanato polido encontrados no mercado brasileiro e as informações disponibilizadas pelos fabricantes através de catálogos. A partir do anexo G da norma NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio – serão realizados ensaios que possibilitarão a classificação das placas em relação a sua limpabilidade. Este ensaio visa a classificação, em relação ao manchamento das placas cerâmicas tipo porcelanato polido, de acordo com o maior, ou menor, grau de facilidade de limpeza das placas em contato com substâncias manchantes previamente conhecidas e estudadas. Na segunda parte do trabalho, será realizada a comparação entre os ensaios realizados e os dados fornecidos pelos fabricantes, averiguando assim a confiabilidade das informações apresentadas pelos diferentes fabricantes analisados.

Palavras-chave: resistência ao manchamento, placas cerâmicas, porcelanato.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento de pesquisa.....	14
Figura 2: pó atomizado separado em silos.....	21
Figura 3: processo de prensagem.....	21
Figura 4: área para destinação dos <i>pallets</i>	22
Figura 5: mecanismo de interação entre a sujeira e o poro na superfície de revestimentos.....	25
Figura 6: princípio do polimento de porcelanato.....	26
Figura 7: esquema ilustrativo da disposição inicial dos poros intra e intergranulares, após o preenchimento das cavidades do molde.....	27
Figura 8: imagem da superfície de porcelanato com e sem resina protetiva. a) não-polido; b) polido; c) resina fluorocarbônica; d) resina siliconada I; resina siliconada II; e f) resina UV-endurecida.....	30
Figura 9: comportamento durante queima de uma típica massa de porcelanato.....	30
Figura 10: classificação dos resultados do ensaio de resistência ao manchamento segundo a NBR – 13818.....	34
Figura 11: agentes manchantes utilizados na determinação da resistência a manchas.....	39
Figura 12: agentes de limpeza utilizados na determinação da resistência a manchas.....	40
Figura 13: demarcação das placas em oito espaços e identificação dos agentes manchantes.....	41
Figura 14: aplicação agentes manchantes.....	41
Figura 15: limpeza das placas com água quente corrente.....	42
Figura 16: procedimento de limpeza com agente de limpeza fraco e escova	43
Figura 17: manchas após primeiro procedimento de limpeza.....	45
Figura 18: manchas após segundo procedimento de limpeza.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: classificação de placas cerâmicas para revestimento de acordo com a NBR 13817.....	17
Quadro 2: propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmalte de acordo com a NBR 15463.....	18
Quadro 3: propriedades físicas do porcelanato técnico e esmaltado de acordo com a NBR 15463.....	19
Quadro 4: propriedades químicas do porcelanato técnico e esmalte de acordo com a NBR 15463.....	19
Quadro 5: descrição das unidades que compõem a amostra.....	37
Quadro 6: agentes manchantes utilizados na determinação da resistência a manchas.....	38
Quadro 7: agentes manchantes utilizados na determinação da resistência a manchas.....	39
Quadro 8: resultados obtidos após primeiro procedimento de limpeza.....	44
Quadro 9: resultados obtidos após segundo procedimento de limpeza.....	47
Quadro 10: resultados obtidos após terceira tentativa de limpeza.....	49
Quadro 11: quantidade de placas que permanecem manchadas de acordo com o agente manchante.....	50
Quadro 12: quantidade de placas manchadas por fabricante.....	51
Quadro 13: classificação de limpabilidade.....	52
Quadro 14: classes de resistência ao manchamento para o agente azeite de oliva.....	54
Quadro 15: classes de resistência ao manchamento para o agente café.....	54
Quadro 16: classificação molho <i>shoyo</i>	55
Quadro 17: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 15 min, com Veja Cloro Ativo nas amostras do <fabricante A>.....	56
Quadro 18: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Veja Cloro Ativo nas amostras do <fabricante A>.....	57
Quadro 19: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Cif Saponáceo Líquido nas amostras do <fabricante A>.....	57
Quadro 20: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Limpeza Total — produto comercializado pelo fabricante.....	58
Quadro 21: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Cif Saponáceo Líquido.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
2.2.1 Objetivo principal	12
2.2.2 Objetivos secundários	12
2.3 PRESSUPOSTO	13
2.4 DELIMITAÇÕES	13
2.5 LIMITAÇÕES	13
2.6 DELINEAMENTO	14
3 PLACAS CERÂMICAS TIPO PORCELANATO	16
3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	17
3.2 ETAPAS DE PRODUÇÃO.....	20
3.3 PROCESSO DE POLIMENTO.....	22
4 O MANCHAMENTO DO PORCELANATO	24
4.1 O FENÔMENO DO MANCHAMENTO	25
4.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	29
4.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO MANCHAMENTO ..	31
5 MÉTODO DE PESQUISA	36
6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS	44
6.1 PRIMEIRO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA.....	44
6.2 SEGUNDO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA.....	46
6.3 TERCEIRO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA.....	48
6.4 CLASSIFICAÇÃO DE LIMPABILIDADE.....	51
6.5 COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADO ENSAIADO COM RESULTADO PUBLICADO.....	53
6.6 MANCHAMENTO FRENTE AO CATÁLOGO DOS FABRICANTES.....	55
6 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS	63

1 INTRODUÇÃO

O porcelanato é um tipo de material cerâmico para revestimento que surgiu na Itália no final dos anos 70, desenvolveu-se na década seguinte e atingiu um alto desempenho no processo produtivo na década de 90. O Brasil passou a importar o porcelanato da Itália e, só em meados do ano 1996, passou a produzi-lo (VOLKMANN, 2004, p. 20). A placa cerâmica tipo porcelanato tem se destacado no mercado por possuir baixa absorção de água e, por consequência, alta resistência mecânica e por apresentar, algumas vezes, semelhanças com rochas naturais.

Os critérios de classificação do porcelanato são vários, normalmente são classificados em esmaltado e não esmaltado. O porcelanato não esmaltado pode ser dividido em porcelanato natural e polido. Os dois tipos possuem processos produtivos semelhantes, porém se diferenciam pelo fato de que o porcelanato polido sofre, como seu nome indica, um polimento em sua superfície para dar acabamento à peça.

O porcelanato é produzido com uma alta temperatura de queima, eliminando boa parte do gás formado no interior da peça. Porém, o gás remanescente gera microporos no seu interior. Com o desgaste que o polimento causa, os microporos ficam aparentes na superfície da placa cerâmica. Por esta razão, as manchas tendem a ocorrer com maior frequência no porcelanato polido do que no natural. Isto porque estes poros, expostos na superfície da peça, são considerados como a principal causa do manchamento.

Para eliminar a possibilidade de ocorrência de manchas, alguns fabricantes de porcelanato no Brasil passaram a utilizar produtos impermeabilizantes, aplicados durante o processo produtivo. Porém, esta nova etapa de produção acarreta custos mais elevados, que são repassados aos clientes. Na tentativa de minimizar custos e atrair clientes, alguns fabricantes passaram a utilizar impermeabilizantes a base de água, que vão sendo eliminados com o passar do tempo de uso. Por esta razão, existem no mercado diferentes produtos, com diferentes qualidades, acarretando diferentes custos de produção e preços aos consumidores.

Como não são divulgados os processos de impermeabilização utilizados por vários fabricantes, há dúvidas sobre a eficiência desta proteção. Assim, este trabalho visa analisar,

através de ensaios, diferentes tipos de produtos comercializados no mercado brasileiro no que diz respeito a manchas em placas cerâmicas tipo porcelanato polido.

As diretrizes da pesquisa deste trabalho, bem como, as características técnicas, etapas de produção e processo de polimento das placas cerâmicas tipo porcelanato, estão descritos nos capítulos 2 e 3. Ainda, abordarei o fenômeno de manchamento, a resolução do problema e o ensaio de determinação da resistência ao manchamento no capítulo 4. Os capítulos 5 e 6, respectivamente, método de pesquisa e apresentação e análises dos resultados, explicam os procedimentos de ensaios realizados, bem como a apresentação e análise dos resultados obtidos. Ao fim deste trabalho, serão apresentadas as conclusões do trabalho em relação a resistência ao manchamento com base nos resultados obtidos nos ensaios realizados.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram estabelecidas as seguintes diretrizes que orientam a elaboração do trabalho.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: como se comportam as placas cerâmicas para revestimentos tipo porcelanato polido com relação ao manchamento?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a análise de placas cerâmicas para revestimentos tipo porcelanato polido comercializados no Brasil, de diferentes marcas, em relação ao manchamento.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) verificação do comportamento das placas cerâmicas tipo porcelanato polido frente aos procedimentos de remoção de manchas propostos pela NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio;

- b) verificação do comportamento de placas cerâmicas tipo porcelanato polido frente aos processos de remoção das manchas recomendados nos catálogos de fabricantes.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que o procedimento de ensaio adotado pela norma NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaio é adequado.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise de placas cerâmicas tipo porcelanato polido comercializadas na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) ensaios com placas de pequeno número de fabricantes, conforme disponibilizado pelos fornecedores;
- b) as análises serão conduzidas em placas novas, desconsiderando-se o efeito da abrasão decorrente do uso;
- c) os ensaios são realizados sem classificar as peças segundo seu processo de impermeabilização, pois os fabricantes não disponibilizam os processos e produtos utilizados durante seu processo produtivo;
- d) impossibilidade de aquisição dos agentes manchantes estabelecidos por Norma;
- e) não se pode classificar as placas nas classes 1 e 2 de limpabilidade, pois seria necessário a execução dos últimos procedimentos de limpeza estabelecidos por Norma, os quais envolvem a utilização de solventes.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e detalhadas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) coleta de exemplares de placas cerâmicas tipo porcelanato polido;
- c) definição das substâncias manchantes;
- d) realização dos ensaios propostos;
- e) análise e avaliação dos resultados obtidos;
- f) conclusões.

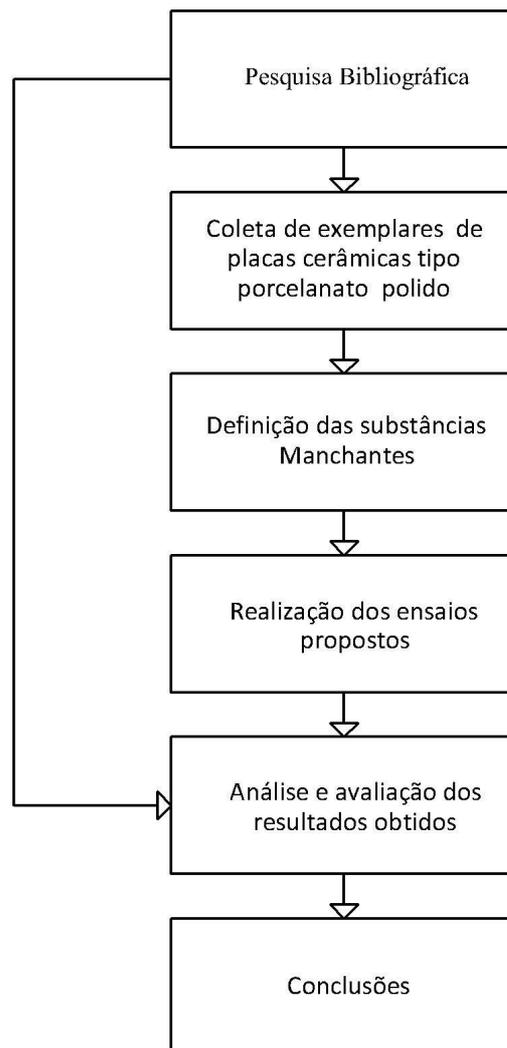


Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa

A pesquisa bibliográfica teve como objetivo o aprofundamento da questão de pesquisa, através de revistas técnicas, normas técnicas e materiais que agregaram conhecimentos sobre o tema abordado. Na segunda etapa foram coletadas, em diferentes lojas, placas cerâmicas de diferentes fabricantes, procurando adquirir um número suficiente de unidades de amostra que representa bem a amostra.

Na etapa seguinte, foram definidas as substâncias manchantes utilizadas nos ensaios. Estas substâncias foram determinadas de acordo com o anexo G da norma NBR 13818 – Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaios. Nesta Norma estão descritas quais substâncias manchantes devem ser utilizadas nos ensaios. Também foram escolhidas substâncias que não estão descritas por Norma, de acordo com entendimento prévio.

Na etapa de realização dos ensaios propostos foi realizado o ensaio de determinação da resistência ao manchamento, segundo o anexo G da norma NBR 13818. Foram classificados nos níveis de 1 a 5, de acordo com suas características de limpabilidade, sendo 1 o pior caso, quando a mancha não é removida, e, a classe 5, indicando o melhor caso, quando a possibilidade de limpeza do produto apresenta maior facilidade.

A etapa, análise e avaliação dos resultados obtidos, consistiu da análise dos resultados obtidos nos ensaios e colhidos durante a pesquisa bibliográfica. Na última etapa verificou-se a resistência ao manchamento das placas cerâmicas tipo porcelanato polido. Esta verificação confronta as informações fornecidas pelos fabricantes, através de catálogos, com a real ocorrência de manchamento, com base nos ensaios realizados de acordo com a Norma de manchamento de porcelanato. Estes ensaios permitiram a classificação das placas de acordo com seu grau de limpabilidade.

3 PLACAS CERÂMICAS TIPO PORCELANATO

Segundo Raimondo et al. (2006, p. 7), nos últimos anos o porcelanato obteve um grande êxito comercial, possibilitando concentrar recursos para o desenvolvimento de distintos tipos de produto, que podem ser classificados, levando em consideração a superfície da peça, em rugosa, lisa, com textura, polida e esmaltada. O grés porcelanato, conforme Cavalcante et al. (2004, p. 29), constitui-se em uma classe de produtos cerâmicos para revestimento que se encontra no centro de uma revolução industrial. Esse material vem substituindo outros produtos de revestimento, por aliar uma extraordinária resistência mecânica, baixa porosidade e, por consequência, baixo nível de absorção de água; resistência ao congelamento e resistência a produtos químicos.

Na norma NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 1) define placas cerâmicas para revestimento como:

Material composto de argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo conformado por extrusão, ou por prensagem, podendo também ser conformado por outros processos. As placas são então secadas e queimadas à temperatura de sinterização. Podem ser esmaltadas ou não esmaltadas, em correspondência aos símbolos GL (*glazed*) ou UGL (*unglazed*), conforme ISO13006. As placas são incombustíveis e não são afetadas pela luz.

O porcelanato pode ser polido ou natural. O natural tende a ser mais resistente a manchas, por apresentar poros no interior da peça. O polido apresenta poros expostos na superfície o que possibilita uma maior penetração de substâncias que podem acarretar o manchamento da placa.

Nos itens a seguir serão abordados temas como as características técnicas do porcelanato, o seu processo de fabricação, e o processo de polimento realizado sobre a superfície da placa.

3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Para classificar produtos cerâmicos, são usados, em geral, critérios como as matérias-primas utilizadas, processo de conformação e de cozimento, bem como se a cerâmica sofre aplicação de esmalte ou não. A absorção de água também é um critério para classificar as placas cerâmicas. Esta propriedade indica a proporção de poros capazes de absorver água do corpo cerâmico. O porcelanato tem um nível de absorção de água estabelecido pela NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007) entre 0 a 0,5%. Quanto maior for a absorção de água, maior será a porosidade aberta na superfície do material e, quanto menor a absorção de água, mais densa e compacta tende a ser a estrutura. Materiais cerâmicos, com índices de absorção menor ou igual a 0,5% são considerados impermeáveis. É o caso do porcelanato (trabalho não publicado)¹. A NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997) classifica os produtos de acordo com o nível de absorção de água através dos critérios do quadro 1.

PROCESSO DE CONFORMAÇÃO	ABSORÇÃO DE ÁGUA				
	GRUPO Ia 0% < a ≤ 0,5%	GRUPO Ib 0,5% < a ≤ 3%	GRUPO IIa 3% < a ≤ 6%	GRUPO IIb 6% < a ≤ 10%	GRUPO III a > 10%
EXTRUDADO (A)	AI		AIIa	AIIb	AIII
PRENSADO (B)	BIa	BIb	BIIa	BIIb	BIII
OUTROS (C)	CI		CIIa	CIIb	CIII

Quadro 1: classificação de placas cerâmicas para revestimento de acordo com a norma NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997)

A norma NBR 15463 apresenta uma subdivisão para o grupo BIa apresentado no quadro 1, através da criação do porcelanato técnico. Esse pode ser definido como sendo placa cerâmica não esmaltada para revestimento cujo nível de absorção de água não deve ultrapassar 0,1%. Pode-se dispor de porcelanato técnico polido e natural. Segundo essa Norma, porcelanato técnico polido é aquele que recebe polimento mecânico, o qual resulta em uma superfície com intensidade variável de brilho, em toda a superfície ou parte dela, de acordo com o efeito

¹ Trata-se de apostila intitulada Materiais Cerâmicos adotada nas disciplinas de Tecnologia dos Materiais de Construção (graduação em Engenharia Civil-UFRGS), e Materiais Cerâmicos para Revestimentos (Pós-Graduação em Engenharia Civil-UFRGS) de autoria de Ana Luiza Raabe Abitante.

estético desejado. O porcelanato técnico natural não recebe polimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007). As propriedades geométricas, físicas e químicas da NBR 15463 estão apresentadas nos quadros 2 a 4, respectivamente.

Propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmaltado (T = técnico, E = esmaltado, R = retificado, NR = não retificado, P = polido, N = natural)										
Propriedades geométricas e visuais	Unidades	Área do produto em cm ²								
		Área do produto ≤ 50 cm ²		50 cm ² < Área do produto ≤ 2 500 cm ²				Área do produto > 2 500 cm ²		
		T	E	T		E		T		E
				R	NR	R	NR	R	NR	R
				P/N	N			P/N	N	
Desvio de $r^{1)}$ em relação a W	%	Não se aplica	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6	± 0,6
Desvio de $r^{1)}$ em relação a $R^{2)}$		± 0,75	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2
Espessura ³⁾ : Desvio de e em relação a e_w		Não se aplica	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5
Retitude dos lados ⁴⁾		Não se aplica	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,2
Ortogonalidade ⁴⁾		± 1,0	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4	± 0,2	± 0,4
Curvatura central		Não se aplica	- 0,15 / + 0,2	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,08 / + 0,1	- 0,08 / + 0,1	± 0,12	± 0,12
Curvatura lateral		Não se aplica	- 0,15 / + 0,2	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,08 / + 0,1	- 0,08 / + 0,1	± 0,12	± 0,12
Empeno		Não se aplica	± 0,2	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,2 / + 0,3	- 0,08 / + 0,1	- 0,08 / + 0,1	± 0,12	± 0,12
Aspecto superficial ⁵⁾		≥ 95%								

1 Média dos dois lados (formatos retangulares) ou quatro lados (formatos quadrados).
2 Média de 20 lados (formatos retangulares) ou 40 lados (formatos quadrados).
3 O fabricante deve declarar a espessura de fabricação e_w .
4 Não aplicável em peças que tenham curvas.
5 Pintas coloridas para fins decorativos não são consideradas como defeito. A diferença de tonalidade é avaliada segundo o anexo R da ABNT NBR 13818:1997 e acordada entre as partes. Devido às queimas, pequenas variações com relação à cor padrão são inevitáveis. Existem variações de cor que são intencionais, dentro de uma peça ou de uma peça para outra. São características de produto e desejáveis.

NOTA Para placas cerâmicas para revestimentos com área menor ou igual a 50 cm², realizar ensaio apenas de desvio de r em relação a R e ortogonalidade. Os demais requisitos não são aplicáveis a este tipo de placa cerâmica para revestimento.

Quadro 2: propriedades geométricas e visuais do porcelanato técnico e esmaltado de acordo com a norma NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

Propriedades físicas		Unidades	Área do produto ≤ 50 cm ²		Área do produto > 50 cm ²	
			Técnico	Esmaltado	Técnico	Esmaltado
Absorção de água	Média	%	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5
	Individual (máx)	%	0,2	0,6	0,2	0,6
Módulo de resistência à flexão ¹⁾	Média	MPa	≥ 45		≥ 45	≥ 37
	Individual (mín.)	MPa	42		42	35
Carga de ruptura	e <7,5 mm	N	≥ 1 000		≥ 900	≥ 900
	e ≥7,5 mm	N	Não se aplica		≥ 1 800	≥ 1 500
Resistência à abrasão profunda (não esmaltados)		mm ³	≤ 140	Não se aplica	≤ 140	Não se aplica
Dilatação térmica linear ¹⁾			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao choque térmico ¹⁾			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao gretamento ²⁾			Não se aplica	Não gretar	Não se aplica	Não gretar
Coeficiente de atrito			A declarar		A declarar	A declarar
Resistência à abrasão superficial ^{1,3)}			Não se aplica	Por acordo	Não se aplica	Por acordo
Resistência ao congelamento ¹⁾			Por acordo		Por acordo	Por acordo
Resistência ao impacto ¹⁾			Por acordo		Por acordo	Por acordo
NOTAS						
1 Os valores em função de aplicações específicas podem ser verificados pelos métodos de ensaios disponíveis e os limites acordados entre as partes.						
2 Certos efeitos decorativos podem apresentar efeito craquelê proposital; nestes casos devem ser identificados como gretamento pelo fabricante e o ensaio não será aplicável.						
3 A classe de abrasão, conforme anexo D da ABNT NBR 13818:1997, deve ser acordada entre as partes.						

Quadro 3: propriedades físicas do porcelanato técnico e esmaltado de acordo com a norma NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

Propriedades químicas	Técnico ou esmaltado
Resistência ao manchamento	≥ classe 3
Cádmio e chumbo solúveis ¹⁾	Por acordo
Resistência aos agentes químicos	Técnico ou esmaltado
Usos domésticos e para tratamento em piscinas	A declarar
Ácidos e álcalis de baixa concentração	A declarar
Ácidos e álcalis de alta concentração	Por acordo
NOTA Os valores em função de aplicações específicas podem ser verificados pelos métodos de ensaios disponíveis e os limites acordados entre as partes.	

Quadro 4: propriedades químicas do porcelanato técnico e esmaltado de acordo com a norma NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007)

3.2 ETAPAS DE PRODUÇÃO

Tecnicamente a cerâmica para revestimentos é obtida através da mistura de matérias-primas naturais, e de minerais e artificiais para a preparação de esmaltes e corantes. As placas cerâmicas mais elaboradas têm em sua composição de 30 a 50% de matérias-primas argilosas as quais conferem trabalhabilidade e resistência mecânica a cru, na produção. Os principais tipos de argila são a caulinita, ilita, clorita e montmorilonita. As matérias-primas não argilosas como o talco e o quartzo servem para formar o esqueleto do corpo cerâmico, os feldspatos e os filitos funcionam como fundentes e os carbonatos de cálcio e magnésio contribuem na estabilidade dimensional e outras características. As matérias-primas sintéticas são utilizadas na preparação de esmaltes e corantes (trabalho não publicado)².

Os materiais recebidos para a fabricação dos produtos cerâmicos são armazenados, em uma primeira etapa, numa área externa da fábrica. Posteriormente são identificados e separados em boxes. São realizados testes em laboratórios dos materiais para que estes sejam liberados para a etapa de produção (trabalho não publicado)³.

As matérias-primas utilizadas na fabricação de materiais cerâmicos para revestimento são pesadas e transportadas, através de esteiras, para o moinho de bolas, onde ocorrerá o processo de moagem. Nesta etapa, ocorre a mistura dos materiais secos com água e silicato de sódio, dando origem à barbotina. Esta passa para o processo de filtragem, no qual as partículas de maior dimensão são retiradas e reencaminhadas ao moinho (trabalho não publicado)⁴.

A seguir, a barbotina passa ao atomizador, no qual, o excesso de umidade é retirado através de um fluxo de ar quente, atingindo uma umidade próxima a 7%. O pó atomizado é depositado separadamente em silos, como mostra a figura 2, e posteriormente é prensado (figura 3). O produto resultado dessa etapa é denominado bolacha. A bolacha passa para o processo de secagem, para que o percentual de umidade da peça atinja um valor próximo a zero. As peças são colocadas no forno, atingindo temperaturas elevadas. As últimas etapas da produção são a

² Trata-se de apostila intitulada Materiais Cerâmicos adotada nas disciplinas de Tecnologia dos Materiais de Construção (graduação em Engenharia Civil-UFRGS), e Materiais Cerâmicos para Revestimentos (Pós-Graduação em Engenharia Civil-UFRGS) de autoria de Ana Luiza Raabe Abitante.

³ idem

⁴ idem

classificação, embalagem e empacotamento, como mostra a figura 4 (trabalho não publicado)⁵.



Figura 2: pó atomizado separado em silos (PORTOBELLO SA, 2010)



Figura 3: processo de prensagem (PORTOBELLO SA, 2010)

⁵ Trata-se de apostila intitulada Materiais Cerâmicos adotada nas disciplinas de Tecnologia dos Materiais de Construção (graduação em Engenharia Civil-UFRGS), e Materiais Cerâmicos para Revestimentos (Pós-Graduação em Engenharia Civil-UFRGS) de autoria de Ana Luiza Raabe Abitante.



Figura 4: área para destinação de pallets (PORTOBELLO SA, 2010)

3.3 PROCESSO DE POLIMENTO

O processo de polimento é realizado na indústria através de um equipamento que tem cabeças polidoras que operam em elevada rotação e com velocidade controlada. Esta máquina realiza o polimento na peça em presença de água. Para dar um acabamento perfeito à peça polida, este equipamento é dotado de cabeças polidoras de diferentes granulometrias, quanto mais para o fim do processo, menor o tamanho do grão polidor (BITTENCOURT; BENINCÁ, 2002, p. 40).

Bittencourt e Benincá. (2002, p. 40-41) explicam que:

A primeira parte da polidora é responsável pelo desgaste acentuado da peça, ou seja, é onde se dá o nivelamento da superfície da peça, com abrasivos diamantados e magnesianos de granas grossas (100 a 220 μm). Nas três primeiras cabeças trabalha-se com abrasivos diamantados com granas também distribuídas, sendo que a primeira cabeça é satelitária e as duas demais são cilíndricas. Usando-se este tipo de abrasivo nas primeiras cabeças consegue-se ganhar em produção no polimento, porque as cabeças diamantadas retiram a maior parte de material da peça. A segunda etapa é responsável em realizar a preparação para o polimento, onde cada cabeça tem a finalidade de apagar os riscos (ranhuras) deixados pelas cabeças anteriores e deixar a peça totalmente uniforme (lisa). As granas utilizadas são de 240 a 700 μm . A terceira etapa é o polimento propriamente dito. Na peça não existem mais riscos e a mesma começa a receber o brilho. Utiliza-se normalmente granas entre 800 e 3000 μm .

É de extrema importância que a qualidade da matéria-prima utilizada para fabricação dos abrasivos seja controlada, tendo em vista que estes abrasivos podem causar danos na superfície da peça (BITTENCOURT; BENINCÁ, 2002, p. 41).

Para que seja realizado um bom polimento é necessária a utilização de água. Esta tem a função de diminuir o atrito entre os abrasivos e a superfície da peça, diminuindo a temperatura, e de retirar partículas geradas pelo polimento, para evitar riscos ou arranhões. A quantidade de água em uma unidade de polimento é muito elevada, podendo chegar a um consumo de 4.000.000 L por dia. Tendo em vista que o consumo de água é elevado, a necessidade de recirculação dessa água torna-se fundamental. Porém, antes da reutilização desta, é necessário que haja um tratamento químico/físico para que os resíduos sofram decantação e filtração. Cada cabeça polidora recebe certa quantidade de água para realizar o polimento (BITTENCOURT; BENINCÁ, 2002, p. 41). Bittencourt e Benincá (2002, p. 40-41) citam ainda, que outra variável importante do processo é a pressão que cada cabeça polidora exerce sobre a placa. Esta pressão pode ser controlada, minimizando danos como riscos e arranhões.

Alves et al. (2010, p. 23) afirmam que é inevitável o aumento do volume dos poros que ficam expostos na superfície da placa quando o polimento é realizado. Este polimento retira uma fina camada, cuja dimensão varia de acordo com as características do processo de polimento adotado pela indústria. Algumas variáveis do processo de polimento podem alterar as características da superfície final do produto, podendo afetar seu desempenho técnico e estético. As oscilações, determinada pela velocidade e frequência utilizada, dos movimentos transversais e laterais das cabeças da máquina polidora, modificam a área efetiva polida e também o brilho apresentado pelo produto.

4 O MANCHAMENTO DO PORCELANATO

O fenômeno do manchamento está diretamente ligado a possibilidade de limpeza das placas. Timellini e Carani (1997, p. 16) explicam que a utilização de revestimentos cerâmicos para pisos e paredes esta relacionada com a limpabilidade e, em consequência, com a higienização do local. Porém, esta utilização não se restringe apenas aos ambientes de cozinha e banheiros, são empregados em outros, como salas e dormitórios. Além do uso doméstico, os revestimentos cerâmicos passaram a ser utilizados em maior escala nos ambientes comerciais, públicos e industriais. Esta maior abrangência de ambientes faz com que as placas entrem em contato com diferentes tipos de substâncias que podem vir a manchá-las.

A resistência ao manchamento, conforme Moura et al. (2006, p. 35), está diretamente relacionada com a manutenção da qualidade estética do revestimento. A escolha dos revestimentos utilizados deve ser feita levando em consideração o ambiente ao qual são destinados, pois as alterações das características estéticas do produto irão influenciar diretamente na vida útil do produto.

Dondi et al. (2008, p. 40) afirmam que a resistência ao manchamento está diretamente ligada a aparência dos revestimentos utilizados, porque tornam a sujeira mais ou menos perceptível ao observador. Explicam que cores mais claras, geralmente, revelam mais facilmente eventuais manchas do que cores mais escuras e que quanto maior a não-uniformidade, mais difícil será perceber a mancha. Manchas são frequentemente menos visíveis em superfícies foscas.

Nos itens a seguir serão abordados temas que facilitam o entendimento do fenômeno do manchamento, como o porquê da sua ocorrência, a resolução do problema e o ensaio de manchamento realizado por Norma.

4.1 O FENÔMENO DO MANCHAMENTO

Dondi et al. (2008, p. 40) explicam que materiais que são quimicamente inertes a ácidos e bases usados na limpeza, como por exemplo, sola de sapato, borracha de pneu, aço e alumínio, podem ser introduzidos nos poros através de arrastamento ou fricção de objetos no chão, tornando-se sua remoção impossível, como demonstrado na figura 5.

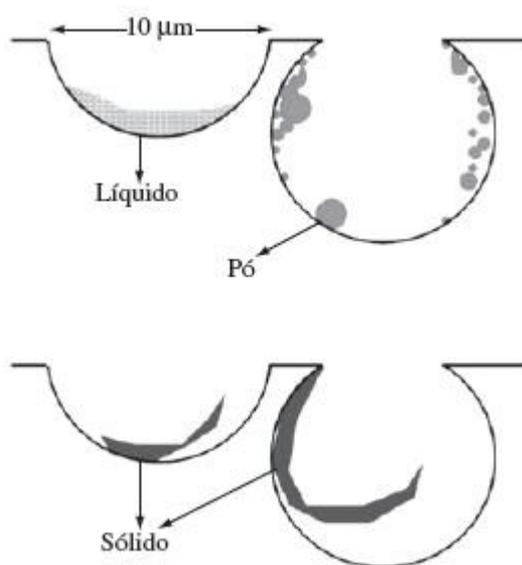


Figura 5: mecanismo de interação entre a sujeira e o poro na superfície de revestimentos (DONDI et al., 2008, p. 40)

De acordo com Arantes et al. (2001, p. 19) o porcelanato apresenta certo volume de poros isolados no interior da peça. Durante a etapa de polimento cerca de 0,5 a 1 mm da espessura da placa é removida, fazendo com que os poros, antes isolados, passem a constituir a superfície.

Por outro lado, Dondi et al. (2008, p. 40-41) citam que o polimento remove, por abrasão, uma profundidade de 0,5 a 1,5 mm de espessura, conforme mostra a figura 6. A remoção desta camada mais externa do porcelanato, a qual era mais densa e mais sinterizada, muda completamente as características microestruturais da superfície. É revelada, então, a microporosidade da placa e esta torna-se acessível aos agentes manchantes.

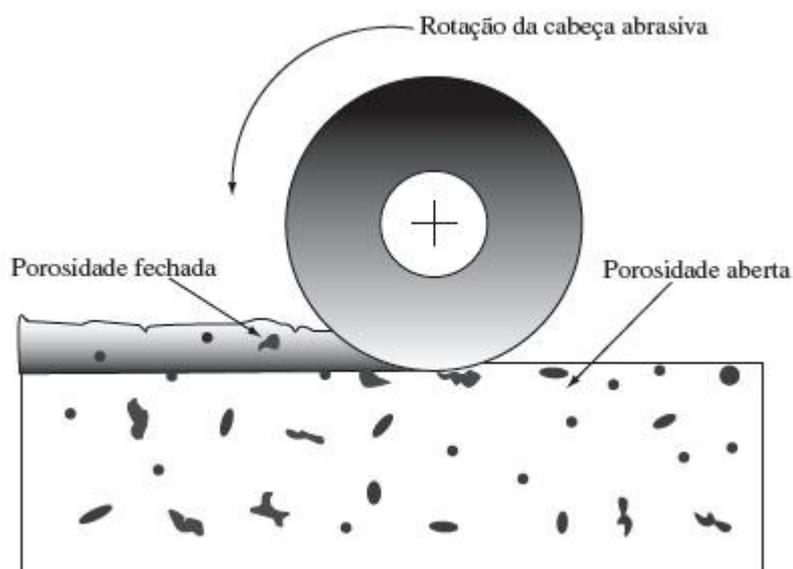


Figura 6: princípio do polimento de porcelanato (DONDI et al., 2008, p 41)

Uma maior ou menor susceptibilidade ao manchamento é dada pelas características e quantidade de irregularidades criadas pelo processo de polimento. Características como tamanho, textura e forma dos poros. Estas irregularidades, oriundas do processo de polimento, na superfície das placas facilitam a ocorrência de manchas no produto, pois do mesmo modo que a adesão das partículas é facilitada, a remoção destas é dificultada (ARANTES et al., 2001, p. 19).

Arantes et al. (2001, p. 19) afirmam, ainda, que existe uma relação entre o tamanho dos poros e a facilidade de ocorrência de manchas. O tamanho considerado crítico, a partir do qual o fenômeno de manchamento passa a ocorrer, oscila entre 30 a 60 μm . Para minimizar problemas em relação ao manchamento é necessário analisar a porosidade final da peça. Esta será definida, em grande parte, pelas características físicas da massa empregada, pelas condições em que são realizadas as operações de prensagem e queima das peças. Para classificar os poros existentes nas placas cerâmicas Arantes et al. (2001, p. 19) explicam que:

Como os grânulos são, na verdade, aglomerados de partículas primárias unidas entre si por ligações secundárias, apresentam uma certa quantidade de poros em seu volume. É a chamada porosidade intragranular. Por outro lado, quando os grânulos preenchem as cavidades do molde, inevitavelmente ocorre a formação de vazios entre os poros, por mais eficaz que seja o empacotamento. A este segundo conjunto de interstícios formado durante o empacotamento dos grânulos, dá-se o nome de porosidade intergranular. O conjunto formado pelos poros intra e intergranulares, durante o preenchimento das cavidades do molde, define a disposição inicial de poros no compacto cerâmico.

Ao mencionarem **cavidades do molde**, os autores se referem aos estampos metálicos que são preenchidos pela massa granulada que é o pó atomizado para, então, serem prensados resultando na conformação do produto. Tal situação é apresentada na figura 7.

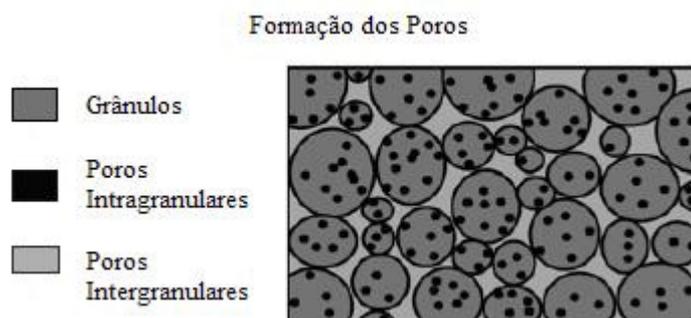


Figura 7: esquema ilustrativo da disposição inicial dos poros intra e intergranulares, após o preenchimento das cavidades do molde (ARANTES et al., 2001, p. 19)

Arantes et al. (2001, p. 19) ressaltam que é importante diferenciar os poros intragranulares dos intergranulares, tendo em vista que a porosidade denominada intergranular possui tamanho superior. O volume total dos poros intragranulares depende principalmente da forma e da distribuição das partículas que compõem o aglomerado (pó atomizado). Uma distribuição adequada minimiza o volume destes poros. Para os poros intergranulares, o volume total é determinado através da distribuição dos tamanhos dos grânulos, de seu formato, de sua textura, além da fluidez do pó. A condição que confere uma melhor compactação é obtida através de grânulos de formato esféricos, isento de crateras ou ocos, de superfícies lisas e com uma distribuição adequada de tamanhos. Porém frequentemente, em decorrência das características da barbotina e do processo de atomização, os grânulos apresentam vazios de tamanhos consideráveis em seu interior, denominados de ocos.

Durante a etapa de compactação das placas cerâmicas, ocorre a redução do índice de porosidade, tanto referente aos poros intragranulares, como aos intergranulares. Nesta compactação a redução se dá através de três mecanismos. Deslocamento dos grânulos, sua deformação plástica e deformação e reordenamento das partículas primárias que compõe os grânulos. Os dois primeiros conferem a redução dos poros intergranulares, enquanto que a terceira etapa garante a redução dos poros intragranulares. A etapa que confere maior diminuição dos poros intergranulares é a etapa de deformação plástica, por isso a dureza dos grânulos e, por consequência, a umidade da massa assume papel fundamental para uma boa

compactação. Fatores como velocidade de aplicação da carga na prensa, bem como números de golpes aplicados para compactação das peças assumem características importantes para que haja uma redução dos índices de vazios das placas (ARANTES et al., 2001, p. 20).

Arantes et al. (2001, p. 20) afirmam que a microestrutura resultante do processo de compactação representa o estágio inicial do produto e que a microestrutura resultante será determinada após a etapa de queima da peça. Esta microestrutura será determinada em função do ciclo térmico aplicado a ela. A etapa de queima apresenta dois fenômenos contrapostos, que ocorrem concomitantes. O alto teor de fundentes incorporados à massa garante a densificação do corpo através da formação da fase vítrea. Esta fase vítrea formada por força de capilaridade estabelece um fluxo laminar que promove a redução do volume dos poros, eliminando assim a interconexão existente entre eles.

Por outro lado, a medida que o ciclo térmico avança, os gases existentes no interior da peça, oriundos de reações que ocorrem entre os compostos da massa, tendem a ficar aprisionados. A medida que o processo de sinterização vai acontecendo, a fase vítrea formada envolve praticamente todos os poros, dificultando assim a liberação dos gases para o meio externo, e criando assim a denominada porosidade fechada do produto. Como a fase vítrea impede a remoção dos gases e as interconexões entre poros inexistem, estes gases tendem a gerar uma pressão grande no interior da peça a medida que a fase vítrea avança e que a temperatura aumenta. Quando a pressão interna dos gases aprisionados supera o valor da tensão superficial da fase vítrea, ocorre o fenômeno de inchamentos dos poros. Este fenômeno faz com que haja um aumento do volume dos poros existentes no interior da peça (ARANTES et al., 2001, p. 20).

Ainda segundo Alves et al. (2010, p. 29), os poros mais próximos da superfície do produto, provavelmente, são orientados pela etapa de prensagem, na qual ocorre um achatamento dos mesmos. Neste caso quanto menor a espessura retirada pelo polimento, maior será a intensidade de manchas visualizadas, considerando que o percentual de poros com diâmetro crítico ao manchamento é maior nesta região da peça.

4.2 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

Para reduzir as desvantagens em relação ao manchamento e ao desgaste das placas, que constitui-se em um outro problema desses materiais, Raimondo et al. (2006, p. 7) citam que investimentos tem sido feitos pela indústria para averiguar a possibilidade de recobrimento da superfície das peças através de películas orgânicas. Estas serviriam para preencher os poros expostos na superfície, dificultando assim a ocorrência de manchamento. É importante que a resina utilizada tenha uma boa interação com a superfície do revestimento cerâmico.

Dondi et al. (2008, p. 43) afirmam que a aplicação de uma resina protetora sobre a superfície após o polimento, e o meticuloso controle do processo produtivo das placas de porcelanato, desde a formulação da massa e um adequado ciclo de queima, até o processo de polimento, podem melhorar a resistência ao manchamento.

Dondi et al. (2008, p. 43) afirmam que:

O propósito dos tratamentos protetivos realizados após o polimento, consiste em modificar os aspectos químicos e físicos da superfície do revestimento, que exercem influência sobre a resistência ao manchamento. Alguns filmes protetivos tais como os siliconados e as resinas fluorocarbônicas alteram a molhabilidade da superfície cerâmica (ângulo de contato, polaridade e componentes de dispersão da tensão superficial); outros tentam fechar a microporosidade, impedindo assim entrada de sujeira (por exemplo, UV-endurecida ou resinas termo-endurecidas), sem afetar as propriedades químicas. Os tratamentos de “efeito químico” não alteram apreciavelmente a microestrutura superficial, enquanto que os de “efeito físico”, pelo menos preenchem parcialmente os poros maiores (figura [...] [8].).

A eficácia destas películas protetoras depende da sua composição e da espessura aplicada. Esta proteção em condições uso, em alguns casos, vem apresentando rápida deterioração. Modificações têm sido feitas para minimizar os efeitos de manchamento nas placas, como alterações na formulação da massa e no ciclo de queima, garantindo assim melhoria nos parâmetros microestruturais assegurando assim uma melhoria na resistência ao manchamento (DONDI et al. , p. 43). O comportamento típico de queima de um porcelanato é apresentado através da figura 9.

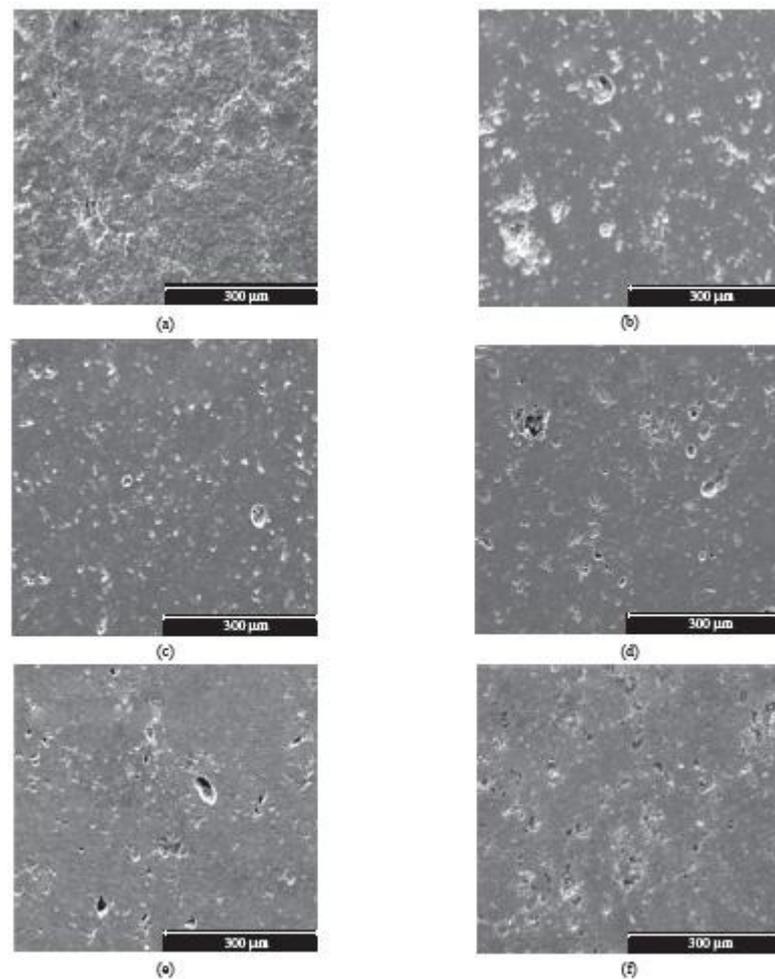


Figura 8: imagem da superfície de porcelanato com e sem resina protetiva. a) não-polido; b) polido; c) resina fluorocarbônica; d) resina siliconada I; resina siliconada II; e f) resina UV-endurecida (DONDI et al., 2008, p. 44)

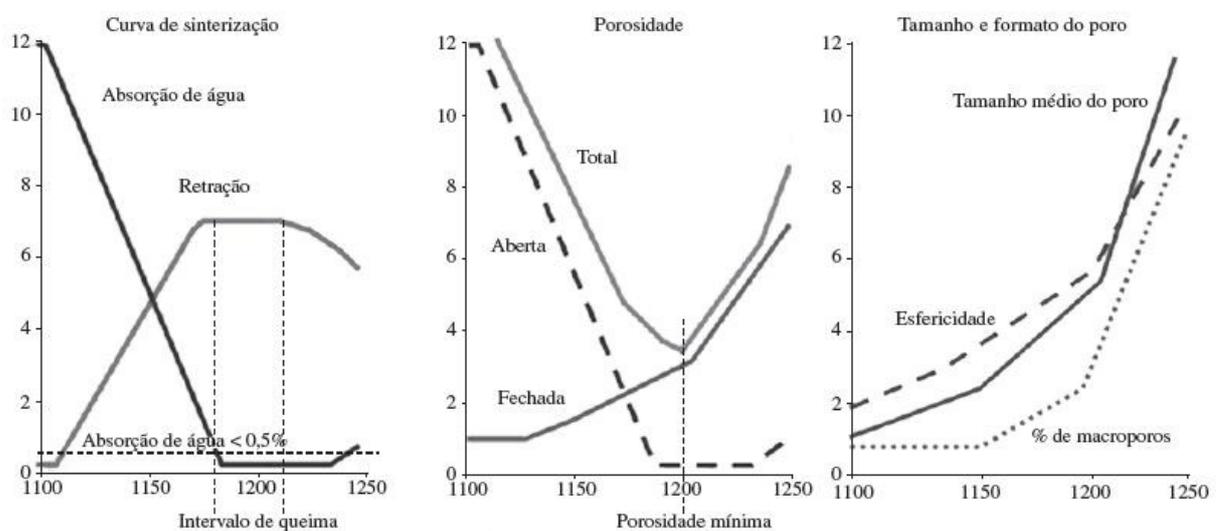


Figura 9: comportamento durante a queima de uma típica massa de porcelanato (DONDI et al., 2008, p. 45)

Dondi et al. (2008, p. 43) afirmam que a temperatura ideal de sinterização deve ser determinada para evitar processos de retração reversa, ou seja, expansão, seguida por uma redução da densificação. Estes processos causam um aumento na porosidade total, o que influencia diretamente na resistência ao manchamento.

Os materiais utilizados pela indústria bem como os processos adotados, que buscam melhorar o comportamento do porcelanato polido quanto a resistência à manchas, ou pelo menos, que dificultem o manchamento das placas são mantidos em sigilo por exercerem um forte papel na classificação do produto em seu mercado. Estes processos produtivos e materiais de recobrimento utilizados tornam-se um diferencial importante no mercado brasileiro.

Moura et al. (2006, p. 35) cometam que alguns fabricantes aconselham que o usuário providencie a impermeabilização da superfície das placas antes mesmo do assentamento da peça, através de resinas poliméricas. Esta aplicação não é a melhor forma de resolver o problema de manchamento, uma vez que a re-aplicação dessa resina deve ocorrer com certa frequência, logo, acarretando custo de manutenção e transtorno com a mesma.

4.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO MANCHAMENTO

O ensaio que permite analisar a resistência ao manchamento de uma placa cerâmica tipo porcelanato, está descrito no anexo G da norma NBR 13818. Para realizar o ensaio, a Norma prevê a utilização de agentes manchantes de ação penetrante, como o óxido de cromo verde em óleo leve e óxido de ferro vermelho de ferro em óleo leve. Ainda prevê a utilização de agentes com ação oxidante como o iodo, solução alcoólica a 13 g/l, e agentes com formação de película como o óleo de oliva. A utilização de outros agentes manchantes pode ser feita mediante o entendimento prévio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Moura et al. (2006, p. 35-36, grifo nosso) explicam os diferentes mecanismos de manchamento:

Agentes de ação química: são as substâncias que provocam um ataque químico sobre a superfície, geralmente mais significativo em amostras já desgastadas. Como exemplo pode-se citar vinagre, suco de limão e o azeite de oliva.

Agentes de ação penetrante e com coloração: de acordo com os mesmos autores, são substâncias capazes de penetrar em um material através de sua porosidade superficial, como, por exemplo, tintas, cigarros acesos e azul de metileno. [...].

Agentes de ação oxidante: são os agentes que, além de manchantes, também são oxidantes, como as bebidas a base de cola, cigarros acesos e o permanganato de potássio. [...].

Agentes com formação de película: são aqueles capazes de formar uma película resistente e contínua sobre a superfície, como o azeite de oliva, o café e as bebidas a base de cola.

Dondi et al. (2008, p. 39) explicam que os agentes especificados, pela Norma ASTM 1378 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS, 2004) e pela NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), para ensaio de manchamento, não são comumente utilizados em meio doméstico e que possuem poder de manchamento muito forte, que é o caso do azul de metileno previsto na primeira, ou muito fraco, que é o caso do óxido de cromo verde, previsto na segunda. Por estas razões, costuma-se realizar ensaios adicionais com reagentes manchantes que são utilizados no cotidiano, como café, vinho tinto, mostarda, dentre outros.

Também é necessário o conhecimento dos agentes de limpeza que serão utilizados nas tentativas de remoção das manchas, salientando ainda que os produtos não devem conter ácido hidrofúorídrico ou seus componentes. É previsto a utilização de (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997):

- a) água quente;
- b) produto de limpeza fraco, industrializado, não abrasivo, com pH entre 6,5 e 7,5;
- c) produto de limpeza forte, industrializado, abrasivo, com pH entre 9 e 10.

São ainda apresentados por Norma, os seguintes reagentes de ataque e solventes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997):

- a) solução de ácido clorídrico, preparada a partir do ácido clorídrico concentrado, densidade igual a $1,19 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$, 3% partes em volume (v/v);
- b) hidróxido de potássio a 200 g/l;

c) tricloroetileno.

Para realização do ensaio é necessário a utilização de uma escova rotativa de cerda duras, pano, esponja macia, estufa ou um secador capaz de operar a uma temperatura de 110° C e um dispositivo motorizado com escova. Devem ser utilizados cinco corpos-de-prova para cada solução, sendo que não podem estar danificados. Podem ser usadas no ensaio placas inteiras, ou mesmo pedaços. Estas placas devem ser totalmente limpas com água e depois secas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

O ensaio de manchamento prevê espalhar de três a quatro gotas de solução de ação penetrante, citada anteriormente, sobre a superfície da placa. Logo após deve-se pingar de três a quatro gotas de cada agente manchante e colocar um vidro convexo sobre a área onde foram aplicados os produtos para garantir que se espalhem numa área circular limitada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

As tentativas de remoção da mancha vão possibilitar a classificação do produto em relação a limpabilidade. A primeira tentativa estabelece a limpeza com água corrente quente por 5 minutos e secagem com um pano úmido. Se a mancha não for removida, passa-se a utilizar um produto de limpeza fraco. Caso a mancha não seja removida com esse procedimento, passa-se para a próxima tentativa, que estabelece a utilização de produto de limpeza forte. Caso seja necessário, a última tentativa de limpeza consiste na imersão do corpo-de-prova por 24 h em um reagente ou solvente indicado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

Ao término de cada processo de limpeza dos corpos-de-prova, os mesmos devem ser secos durante aproximadamente 2 horas em uma estufa, com temperatura controlada, e então submetidos ao exame visual. Este exame deve ser feito a olho nu, a uma distância de aproximadamente 30 cm, sob iluminação normal de aproximadamente 330 lux (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997).

O produto será classificado de 1 a 5, de acordo com a limpabilidade do produto. A classe 1 indica a impossibilidade de remoção da mancha, já as classes 2, 3 e 4 correspondem a possibilidade de limpeza da peça com agentes um dos solventes especificados, com produtos de limpeza forte ou fraco, respectivamente. A classe 5 indica a maior facilidade de remoção da mancha, tendo a mesma sido removida com água quente. A figura 10 ilustra os

Conforme o número de unidades que resultam manchadas após os sucessivos procedimentos de limpeza, dentre as cinco amostras analisadas, resulta a definição da Classe de Manchamento.

Se na primeira amostra nenhuma unidade resultar manchada após determinado procedimento de limpeza, a Classe é definida pelo respectivo método, conforme indica a figura 10. Se resultarem duas ou mais unidades manchadas, dentre as cinco, após determinado procedimento, deve-se passar para o procedimento de limpeza seguinte. Se resultar uma unidade manchada dentre as cinco, após determinado procedimento de limpeza, o ensaio deve ser repetido com outras cinco unidades, caracterizando a realização de uma segunda amostragem. Essa segunda amostragem busca aumentar o tamanho da amostra a fim de verificar se a mancha pode ser considerada removível no procedimento em análise ou se é necessário realizar o procedimento de limpeza seguinte. Caso, na soma das duas amostragens, o número de corpos-de-prova manchados não superar 1 (no total de 10), considera-se o procedimento eficiente e a mancha removível.

5 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa elaborada nesse trabalho é desenvolvida a partir da coleta de placas cerâmicas de porcelanato, de diferentes fabricantes, em lojas do município de Porto Alegre-RS. Tais placas constituem uma amostra contendo vinte unidades, procedentes de oito fabricantes diferentes. As unidades de um mesmo fabricante se distinguem em termos de modelo, envolvendo cores e tonalidades. A indicação de tamanho não configurou pré-requisito de escolha, uma vez que a possibilidade de manchamento não está associada a esse parâmetro.

Todas as unidades que compõem a amostra são placas de porcelanato que sofreram processo de polimento e posterior impermeabilização, ainda na fábrica. Esta impermeabilização não poderá ser classificada, tendo em vista que os fabricantes não disponibilizam os processos de impermeabilização utilizados. Detalhes sobre esses processos não são divulgados pelos fabricantes por se tratar de um diferencial no mercado consumidor.

Cada fabricante será representado, neste trabalho, através de letras. Assim, o primeiro fabricante é descrito como <fabricante A> e, assim por diante, até o <fabricante H>. Para fins de identificação das unidades, acrescenta-se à letra que identifica o fabricante, um número que separa as diferentes unidades de um mesmo fabricante. Por fim, é anexada a abreviatura das cores predominantes das placas. Para permitir melhor compreensão das siglas utilizadas, do número de placas provenientes de cada fabricante e dos respectivos tamanhos em que são comercializadas, apresenta-se o quadro 5.

FABRICANTE	TAMANHO (cm)	COR	SIGLA
A	60 x 60	Cinza	A1Cz
A	60 x 60	Bege	A2Bg
A	60 x 60	Bege	A3Bg
A	60 x 60	Preta	A4Pr
A	60 x 60	Azul	A5Az
A	60 x 60	Verde	A6Vr
B	60 x 120	Branca	B1Br
B	60 x 120	Bege	B2Bg
C	40 x 40	Bege	C1Bg
C	60 x 60	Bege	C2Bg
C	60 x 60	Marron	C3Mr
C	40 x 40	Branca	C4Br
C	60 x 60	Bege	C5Bg
C	60 x 60	Cinza	C6Cz
D	80 x 80	Bege	D1Bg
E	60 x 60	Bege	E1Bg
F	60 x 60	Bege	F1Bg
F	60 x 60	Preta	F2Pr
G	60 x 60	Bege	G1Bg
H	60 x 60	Bege	H1bg

Quadro 5: descrição das unidades que compõem a amostra

A determinação da resistência a manchas das placas de porcelanado baseou-se, nesse trabalho, no método descrito no Anexo G da NBR 13818 — Placas Cerâmicas para Revestimento — Especificações e Métodos de Ensaio.

Esse método foi descrito no capítulo 4.3 e prevê a utilização dos seguintes agentes manchantes:

- a) óxido de cromo verde em óleo leve;
- b) óxido de cromo vermelho de ferro em óleo leve;
- c) solução alcoólica de iodo a 13 g/l;
- d) óleo de oliva.

Em tentativa de aquisição dos agentes manchantes estabelecidos por Norma, foram feitos diversos contatos com diferentes empresas de suprimentos de laboratório, bem como, com uma das indústrias que realiza este ensaio descrito por Norma. Apesar das tentativas, não foi

possível adquirir os agentes manchantes, pois nenhuma das empresas trabalhava com esses agentes. No caso da indústria, a mesma não quis ceder as substâncias referidas. O agente manchante Iodo, antigamente, era encontrado em farmácias de manipulação, porém atualmente este produto químico é controlado através de receita médica, inviabilizando também sua aquisição.

Em virtude das dificuldades encontradas para a aquisição de três dos agentes manchantes especificados pela Norma, foram utilizadas outras substâncias, de uso cotidiano. A inserção de outros agentes manchantes na análise do manchamento é realizada na maior parte das publicações utilizadas no referencial teórico do presente trabalho, tais como Moura et al. (2006, p. 35) e Timellini e Carani (1997, p. 16).

A escolha dos agentes manchantes complementares aos da Norma resultou da análise de trabalhos anteriores, juntamente com a percepção oriunda de reclamações de usuários, advinda de empresa que realiza serviços de execução de revestimentos cerâmicos. Utilizou-se oito diferentes tipos de agentes manchantes, identificados no quadro 6 e ilustrados pela figura 11.

AGENTES MANCHANTES	
Nº	DESCRIÇÃO
1	azeite de oliva
2	molho de tomate
3	molho <i>shoyo</i>
4	vinho tinto
5	café
6	erva-mate
7	tintura para cabelo marron
8	rejunte Branco

Quadro 6: agentes manchantes utilizados na determinação da resistência a manchas



Figura 11: agentes manchantes utilizados na determinação da resistência a manchas

Para realização dos procedimentos de limpeza especificados pela Norma, foram utilizados três diferentes tipos de agentes de limpeza, cuja descrição consta no quadro 7, desconsiderando os reagentes de ataque e solventes, ácido clorídrico concentrado, hidróxido de potássio e tricloroetileno, pela dificuldade de manuseio do reagente químico. Os agentes de limpeza estão ilustrados pela figura 12.

AGENTES DE LIMPEZA	
Nº	DESCRIÇÃO
1	água quente
2	detergente líquido neutro- produto de limpeza fraco
3	saponácio líquido - produto de limpeza forte (abrasivo)

Quadro 7: agentes de limpeza utilizados na determinação da resistência a manchas

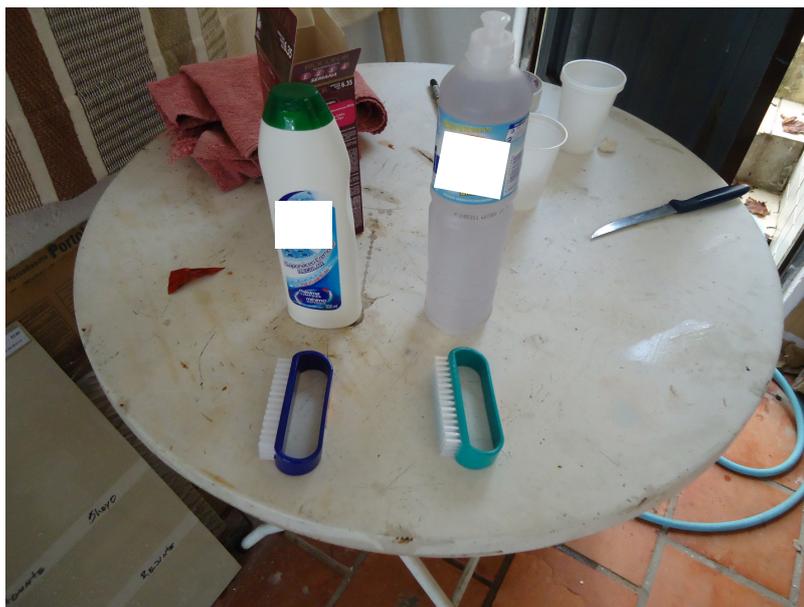


Figura 12: agentes de limpeza utilizados na determinação da resistência a manchas

Ainda para a realização do procedimento de limpeza das placas utilizou-se uma escova de uso cotidiano de cerdas de nylon, apresentada na figura 12, e um pano seco.

As placas cerâmicas de porcelanato foram demarcadas através de uma fita adesiva em oito espaços, evitando assim o corte das placas, tendo em vista que as placas possuem dimensões suficientes para garantir um espaçamento adequado entre os agentes manchantes. Essa demarcação está ilustrada na figura 13, bem como o procedimento de identificação do local para cada agente manchante, realizado ao escrever sobre a fita adesiva.

Para melhor aplicação, determinados agentes necessitaram de alguns procedimentos, como umedecer a erva-mate com água, preparar a pasta de rejunte branco, também com água, como especifica o fabricante e realizar a mistura dos produtos que compõem a tintura para cabelo marrom, conforme instrução de uso do fabricante.

Após a etapa de demarcação e preparo, os agentes manchantes foram aplicados nas placas. Estes agentes permaneceram 24 horas em contato com a superfície da peça, para somente depois ser executado o procedimento de limpeza. A figura 14 mostra os agentes manchantes sobre a superfície de uma placa utilizada na análise.



Figura 13: demarcação das placas em oito espaços e identificação dos agentes manchantes



Figura 14: aplicação agentes manchantes

Após 24 horas de contato entre a superfície das placas e os agentes manchantes, realizou-se o primeiro procedimento de limpeza. Este procedimento consiste na limpeza através da aplicação de água quente corrente sobre o local do agente manchante por 5 minutos, como ilustra a figura 15. Este procedimento foi realizado através da conexão de uma mangueira comum a um chuveiro que possui aquecedor de água a gás. Após a primeira tentativa de

limpeza, realizou-se o exame visual, segundo a Norma, para analisar se as manchas foram eliminadas ou não.

Para fins de registro, foi desenvolvida uma planilha de dados, contendo os resultados dos ensaios, para cada unidade da amostra, cujo preenchimento era realizado a mão após o término de cada exame visual.

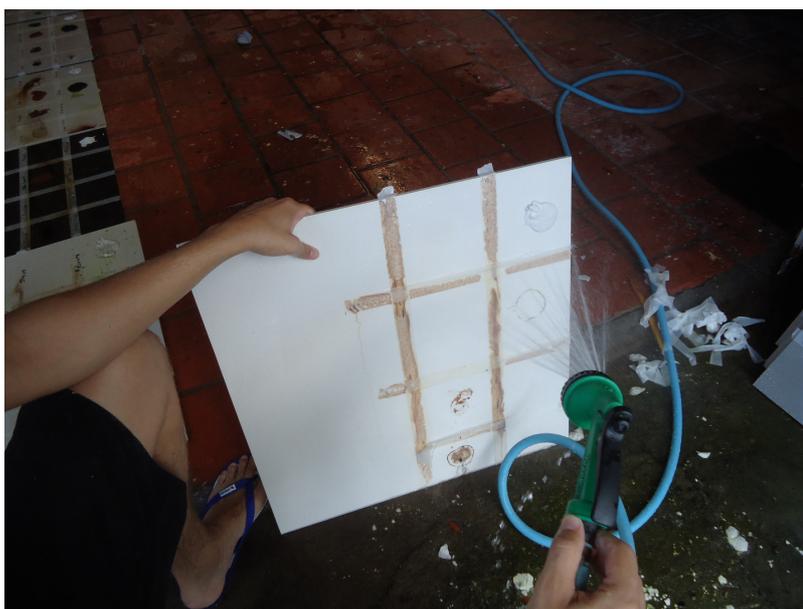


Figura 15: limpeza das placas com água quente corrente

Se alguma mancha persistisse nas placas cerâmicas após o primeiro procedimento de limpeza, iniciava-se outra tentativa de remoção. Esta tentativa de limpeza consistia na aplicação, sobre a superfície manchada, de um agente de limpeza fraco, detergente líquido neutro, em conjunto com uma escova. Este procedimento de limpeza está ilustrado pela figura 16. Após este procedimento, era realizado um teste visual das manchas, definindo assim se alguma mancha ainda persistia sobre a placa.

Novamente, eram registrados por escrito os resultados obtidos, antes, se necessário, da realização do próximo procedimento de limpeza.

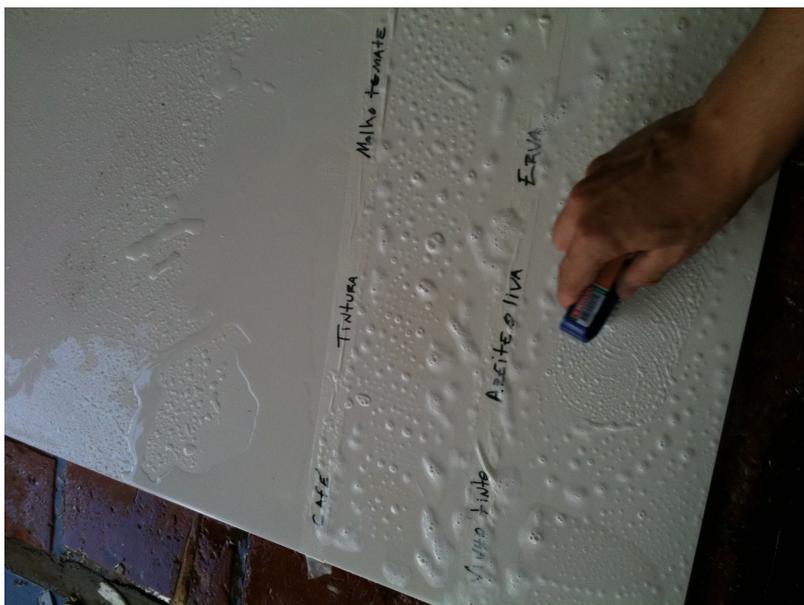


Figura 16: procedimento de limpeza com agente de limpeza fraco e escova

Caso alguma das manchas não tenha sido removida, era realizado o último teste de limpeza executado neste trabalho. Utilizava-se, sobre a superfície que continha as manchas, um produto de limpeza forte e abrasivo, o agente de limpeza utilizado foi o produto de limpeza do tipo saponáceo líquido em conjunto com uma escova de cerdas. Novamente era executado o exame visual para se classificar as placas de acordo com sua classe de limpabilidade.

Nos ensaios realizados neste trabalho, não se pode classificar as placas nas classes 1 e 2 de limpabilidade, pois seria necessário a execução dos últimos procedimentos de limpeza estabelecidos por Norma, os quais envolvem a utilização de solventes. Porém, conforme a NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), a resistência a manchas deve ser maior ou igual a Classe 3 para placas esmaltadas e conforme NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), a resistência a manchas deve ser maior ou igual a Classe 3 para porcelanato.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios realizados. A amostra é composta por 20 unidades experimentais. Os resultados serão apresentados de acordo com as tentativas de remoção das manchas.

6.1 PRIMEIRO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA

O quadro 8 ilustra os resultados obtidos nos ensaios, identificando, após o primeiro procedimento de limpeza, os agentes manchantes que impossibilitaram a limpeza das placas, bem como os que foram limpos.

UNIDADE	AGENTES MANCHANTES							
	CAFÉ	TINTURA PARA CABELO	MOLHO TOMATE	MOLHO SHOYO	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA	ERVA MATE	REJUNTE
A1Cz	N	N	S	N	N	S	N	N
A2Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
A3Bg	N	N	S	S	N	S	N	S
A4Pr	N	S	S	S	S	S	S	N
A5Az	N	S	S	S	S	S	S	S
A6Vr	N	N	S	S	S	N	N	S
B1Br	N	N	S	N	N	S	N	S
B2Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
C1Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
C2Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
C3Mr	N	N	N	S	N	S	N	N
C4Br	N	N	S	N	N	S	N	S
C5Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
C6Cz	N	S	S	S	S	S	S	S
D1Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
E1Bg	N	N	S	N	N	S	N	S
F1Bg	N	N	S	N	N	S	N	N
F2Pr	N	N	S	N	N	S	N	N
G1Bg	N	N	S	S	N	S	N	N
H1bg	N	N	S	N	N	S	S	S

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida

Quadro 8: resultados obtidos após primeiro procedimento de limpeza

Pode-se notar que o agente manchante denominado café foi o que obteve o pior resultado em relação às manchas, permanecendo as manchas causadas por ele em todas as placas após limpeza com água quente. Nas linhas do quadro 8, pode-se observar que 2 das 20 unidades, ou seja, as denominadas A5Az e C6Cz, mostraram-se manchadas exclusivamente para o agente manchante café, tendo todos os outros sido removidos.

A tintura para cabelo, o vinho tinto e a erva mate também causaram manchas na maioria das peças, tendo as manchas sido removidas na primeira etapa de limpeza em, respectivamente, 3, 4 e 4 placas. O molho *shoyo* apresentou limpabilidade um pouco maior, mas ainda assim apenas 7 unidades de 20 tiveram sua mancha removida.

Já o molho de tomate, o azeite de oliva e o rejunte permaneceram visíveis na superfície de poucas placas, respectivamente, em 19, 19 e 14 unidades as manchas foram removidas. Cabe lembrar que, de todos os agentes manchantes utilizados, o azeite de oliva é o único indicado na Norma e não mostrou, para as placas avaliadas, relevante poder de manchamento.

A figura 17 ilustra as manchas causadas pelos agentes manchantes após a primeira tentativa de limpeza das placas.

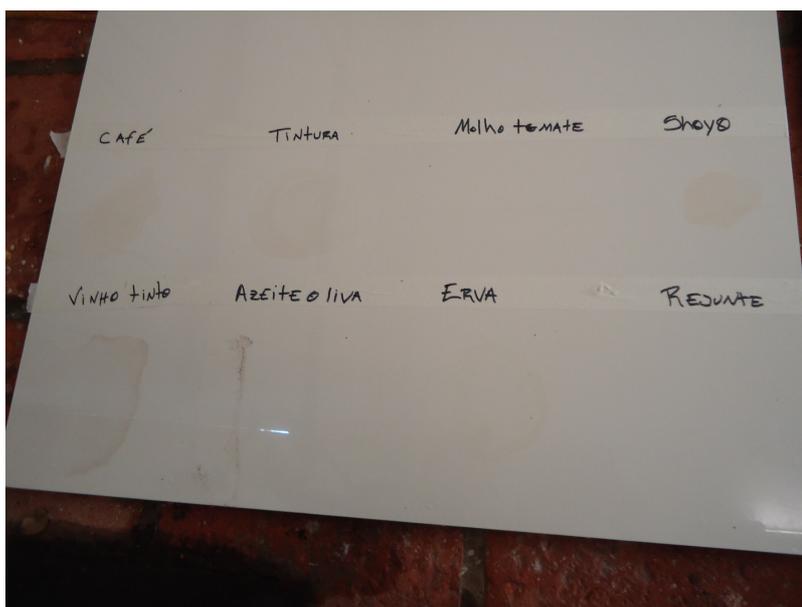


Figura 17: manchas após primeiro procedimento de limpeza

6.2 SEGUNDO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA

A quadro 9 mostra como as placas de porcelanato se mostraram frente ao segundo procedimento de limpeza realizado.

Os agentes manchantes que mais causaram manchas na primeira etapa de limpeza foram os que continuaram com maior intensidade a danificar as peças com manchas, embora de uma forma mais amena.

Diferente do primeiro procedimento, em que o café causou manchas em todas as placas ensaiadas, 8 de 20 placas foram limpas para o mesmo agente. A tintura de cabelo, o vinho e a erva-mate tinham, respectivamente, apenas 3, 4 e 4 placas limpas, aumentando este número para 5 unidades da amostra, totalizando, respectivamente, 8, 9 e 9 placas em que as manchas foram removidas. O molho *shoyo* continuou a apresentar limpabilidade boa, considerando que 15 amostras de 20 tiveram sua mancha removida.

UNIDADE	AGENTES MANCHANTES							
	CAFÉ	TINTURA PARA CABELO	MOLHO TOMATE	MOLHO SHOYO	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA	ERVA MATE	REJUNTE
A1Cz	N	N	-	S	N	-	N	N
A2Bg	N	N	-	N	N	-	N	-
A3BG	N	N	-	-	N	-	N	-
A4Pr	S	-	-	-	-	-	-	S
A5Az	S	-	-	-	-	-	-	-
A6Vr	S	S	-	-	-	S	S	-
B1Br	N	N	-	N	N	-	N	-
B2Bg	N	N	-	S	N	-	S	-
C1Bg	N	N	-	S	N	-	N	-
C2Bg	S	S	S	S	S	S	S	-
C3Mr	N	N	N	-	N	-	N	N
C4Br	N	N	-	N	S	-	N	-
C5Bg	N	N	-	N	N	-	N	-
C6Cz	S	-	-	-	-	-	-	-
D1Bg	S	N	-	S	N	-	N	-
E1Bg	N	N	-	S	N	-	N	-
F1Bg	N	N	-	N	N	-	N	S
F2Pr	N	S	-	S	S	-	S	N
G1Bg	S	S	-	-	S	-	S	S
H1bg	S	S	-	S	S	-	-	-

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida
-	Não apresenta mancha

Quadro 9: resultados obtidos após segundo procedimento de limpeza

O molho de tomate e o rejunte apresentaram poucas manchas, respectivamente, 1 e 3 placas manchadas, já o azeite de oliva não causou nenhum manchamento.

Pode-se observar que as placas A4Pr, A5az, A6Vr, C2Bg, C6Cz, G1Bg e H1Bg obtiveram limpabilidade diante de todos os agentes manchantes, totalizando 7 placas limpas em um total de 20 unidades da amostra.

A figura 18 mostra os resultados após a segunda etapa de limpeza.

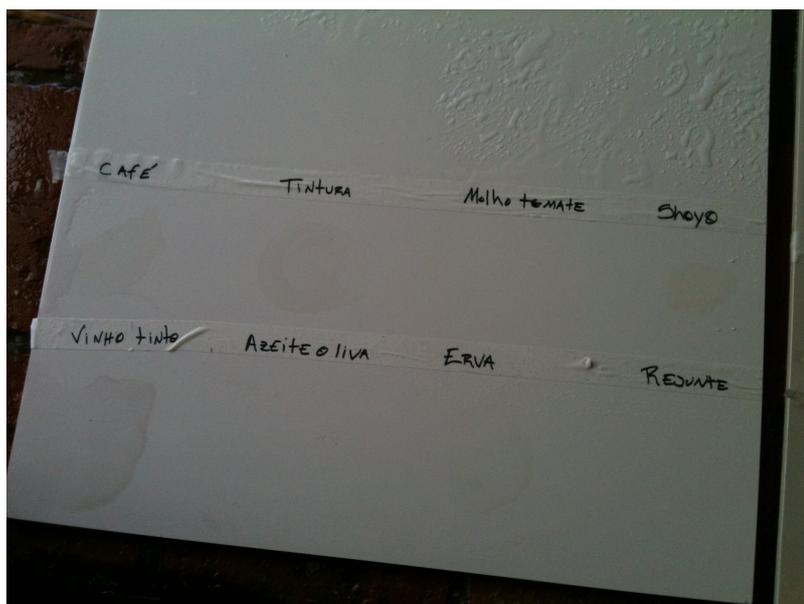


Figura 18: manchas após segunda tentativa de limpeza

6.3 TERCEIRO PROCEDIMENTO DE LIMPEZA

A quadro 10 mostra como as placas de porcelanato se mostraram frente ao terceiro e último procedimento de limpeza realizado.

O café, a tintura para cabelo, o vinho tinto e a erva mate foram os principais agentes manchantes testados, enquanto que o azeite de oliva foi o que menos acarretou manchas nas placas, sendo limpo ainda na segunda tentativa. Das 20 unidades da amostra ensaiada, apenas oito placas apresentaram limpabilidade diante de todos os agentes manchantes nesta terceira tentativa de limpeza.

Ao analisar-se os resulta, percebe-se que a tintura para cabelo manchou 12 placas das 20 ensaiadas, seguido pelo vinho tinto e erva-mate que obtiveram, cada um, 11 unidades da amostra manchadas. O café foi o agente que apresentou maior quantidade de placas manchadas nos primeiros procedimentos de limpeza, porém acarretou no final dos ensaios só um total de 8 unidades manchadas, apresentando melhor resultado que os 3 agentes manchantes citados acima.

UNIDADE	AGENTES MANCHANTES							
	CAFÉ	TINTURA	MOLHO TOMATE	MOLHO SHOYO	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA	ERVA MATE	REJUNTE
A1Cz	N	N	-	-	N	-	N	S
A2Bg	N	N	-	S	N	-	N	-
A3Bg	S	N	-	-	N	-	N	-
A4Pr	-	-	-	-	-	-	-	-
A5Az	-	-	-	-	-	-	-	-
A6Vr	-	-	-	-	-	-	-	-
B1Br	N	N	-	N	N	-	N	-
B2Bg	N	N	-	-	N	-	-	-
C1Bg	N	N	-	-	N	-	N	-
C2Bg	-	-	-	-	-	-	-	-
C3Mr	S	N	N	-	N	-	N	N
C4Br	S	N	-	N	-	-	N	-
C5Bg	N	N	-	N	N	-	N	-
C6Cz	-	-	-	-	-	-	-	-
D1Bg	-	N	-	-	N	-	N	-
E1Bg	N	N	-	-	N	-	N	-
F1Bg	N	N	-	N	N	-	N	-
F2Pr	S	-	-	-	-	-	-	S
G1Bg	-	-	-	-	-	-	-	-
H1bg	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida
-	Não apresenta mancha

Quadro 10: resultados obtidos após terceira tentativa de limpeza

Após o segundo procedimento de limpeza, tinha-se 7 placas que possuíam limpabilidade diante de todos agentes manchantes ensaiados. Depois deste terceiro procedimento, este número subiu para 8 unidades da amostra, tendo-se acrescentado a unidade denominada F2Pr.

Para um melhor entendimento dos resultados obtidos, o quadro 11, apresenta a quantidade de placas que permanece manchada após os três procedimentos de limpeza adotados nesse trabalho para cada agente manchante.

	QUANTIDADES DE PLACAS	
	COM MANCHA	SEM MANCHA
CAFÉ	8	12
TINTURA	12	8
MOLHO TOMATE	1	19
MOLHO SHOYO	4	16
VINHO TINTO	11	9
AZEITE DE OLIVA	0	20
ERVA MATE	11	9
REJUNTE	1	19

Quadro 11: quantidade de placas que permanecem manchadas de acordo com o agente manchante

Esse quadro revela os agentes manchantes mais agressivos às placas de porcelanato, sendo que a tintura de cabelo pode ser considerado o mais agressivo. O vinho tinto e erva mate são, depois da tintura, agentes manchantes com forte poder de manchamento, seguidos do café.

O molho *shoyo* apresentou um total de 16 placas limpas, manchando 4 placas. O molho de tomate e o rejunte mantiveram manchas em apenas 1 placa das 20 unidades ensaiadas da amostra.

Ainda cabe ressaltar que o agente manchante azeite de oliva, único agente manchante especificado por Norma utilizado nos ensaios, não manteve nenhuma mancha ao final dos testes, sendo, as placas, classificadas em quase todos os casos com classe 5 e em apenas duas unidades da amostra, como classe 4.

Para análise dos fabricantes cujas placas foram ensaiadas, será apresentado, no quadro 12, a quantidade de placas que permaneceram com manchas e a quantidade cujas manchas foram removidas com um dos três procedimentos de limpeza adotados.

FABRICANTE	TOTAL DE AMOSTRAS	QUANTIDADES DE PLACAS	
		COM MANCHA	SEM MANCHA
A	6	3	3
B	2	2	0
C	6	4	2
D	1	1	0
E	1	1	0
F	2	1	1
G	1	0	1
H	1	0	1
TOTAL	20	12	8

Quadro 12: quantidade de placas manchadas por fabricante

Os fabricantes <A> e <C> possuíam um número maior de unidades de amostra, totalizando, cada um, 6 placas. O fabricante <A> obteve um resultado melhor em relação ao fabricante <C>, quando se analisa resistência ao manchamento, obtendo limpabilidade em 3 placas de um total de 6 unidades da amostra. De qualquer modo, deve-se destacar que, nessa melhor situação, metade das placas analisadas permaneceram manchadas.

Dos 4 fabricantes representados por somente 1 unidade na amostra, identificados como <D>, <E>, <G> e <H>, os fabricantes <D> e <E> permaneceram com manchas.

Os fabricantes e <F> representados por 2 unidades na amostra, resultaram, respectivamente, 2 e 1 placas manchadas, caracterizando o fabricante <F> um melhor desempenho ao manchamento.

6.4 CLASSIFICAÇÃO DE LIMPABILIDADE

O quadro 13 mostra como as placas de porcelanato se classificam, frente a NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), em relação à resistência ao manchamento.

UNIDADE	CLASSIFICAÇÃO LIMPABILIDADE								CLASSIFICAÇÃO GERAL
	CAFÉ	TINTURA	MOLHO TOMATE	MOLHO SHOYO	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA	ERVA MATE	REJUNTE	
A1Cz	2 ou 1	2 ou 1	5	4	2 ou 1	5	2 ou 1	3	2 ou 1
A2Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	3	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
A3Bg	3	2 ou 1	5	5	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
A4Pr	4	5	5	5	5	5	5	4	4
A5Az	4	5	5	5	5	5	5	5	5
A6Vr	4	4	5	5	5	4	4	5	4
B1Br	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
B2Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	4	2 ou 1	5	4	5	2 ou 1
C1Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	4	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
C2Bg	4	4	5	4	4	4	4	5	4
C3Mr	3	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1	2 ou 1	2 ou 1
C4Br	3	2 ou 1	5	2 ou 1	4	5	2 ou 1	5	2 ou 1
C5Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
C6Cz	4	5	5	5	5	5	5	5	4
D1Bg	4	2 ou 1	5	4	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
E1Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	4	2 ou 1	5	2 ou 1	5	2 ou 1
F1Bg	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	2 ou 1	5	2 ou 1	4	2 ou 1
F2Pr	3	4	5	4	4	5	4	3	3
G1Bg	4	4	5	5	4	5	4	4	4
H1Bg	4	4	5	4	4	5	5	5	4

Legenda:

Classe	Descrição
5	Remoção manchas com 1º procedimento de limpeza
4	Remoção manchas com 2º procedimento de limpeza
3	Remoção manchas com 3º procedimento de limpeza
2	Remoção manchas com reagentes de ataque e solventes
1	Impossibilidade de remover as manchas

Quadro 13: classificação de limpabilidade

Através das unidades da amostra, pode-se observar que das 6 placas do fabricante <A>, 3 podem ser classificadas como Classe 4 ou 5 e 3 mostram limpabilidade significativamente menor, pois surge a classe 3 para alguns agentes manchantes, além da 1 e 2.

O fabricante apresentou classificação 5 para o molho de tomate, azeite de oliva e rejunte. Para o molho *shoyo* e a erva-mate a classificação ficou dividida, com 1 placa classificada como classe 2 ou 1 e a outra como classe 4. Os demais agentes implicaram em classificação 2 ou 1.

Pode-se notar que das 6 unidades de amostra do fabricante <C>, apenas 2 podem ser classificadas como Classe 4 ou 5 e 4 apresentam maior dificuldade de limpabilidade.

Para o café, o molho de tomate, o molho *shoyo*, o azeite de oliva e o rejunte, o fabricante <D> obteve um qualidade boa de proteção contra manchas, sendo classificada, ora como classe 5, ora como classe 4. O desempenho não foi bom para os demais agentes ensaiados.

O café, a tintura para cabelo, o vinho tinto e a erva-mate obtiveram classe 2 ou 1 para as unidades da amostra ensaiadas do fabricante <E>. Para os demais agentes, as placas do fabricante tiveram um bom resultado.

Pode-se notar que o fabricante <F> obteve, para a placa de cor clara denominada F1Bg, classe 2 ou 1 para o café, tintura para cabelo, vinho tinto e erva-mate, classe 4 para o rejunte e classe 5 para os demais agentes manchantes. Já para a placa ensaiada de cor escura, denominada F2Pr, o fabricante apresentou resultados que oscilaram de uma classe 5 até a classe 3, porém diante de todos agentes a limpeza das manchas foram possíveis.

Os fabricantes <G> e <H> apresentaram bom resultados, oscilando entre as classes 5 e 4.

6.5 COMPARAÇÃO ENTRE RESULTADO ENSAIADO COM RESULTADO PUBLICADO

Pode-se comparar os resultados encontrados nos ensaios realizados com o material publicado na revista, Cerâmica Industrial, intitulado Análise da Influência das Variáveis Cor e Brilho na Limpabilidade de Porcelanatos de autoria de Moura et al. (2006, p. 35-39).

Este artigo apresenta uma classificação diferente quando comparando com o presente trabalho para as placas ensaiadas. Ele diferencia as placas em polida e não polida e por cores. Já neste trabalho, as placas são todas polidas e classificadas por fabricante e cor. Será realizada uma comparação destes trabalhos através das cores ensaiadas.

Os agentes utilizados em ambos os trabalhos, são o azeite de oliva, o café e o molho de soja ou molho *shoyo*. Os resultados do trabalho publicado e dos ensaios realizados serão comparados a seguir de acordo com o agente manchante.

Em ambos os trabalhos, a classificação de limpabilidade dada, frente ao agente manchante azeite de oliva, foi classe 5 ou classe 4. Pode-se notar que a cor, no caso dos ensaios realizados neste trabalho, não interferiu muito na classificação das placas, já no trabalho publicado por Moura et al. (2006), as cores mais escuras, como o preto e o marrom, apresentaram uma classificação pior quanto a resistência a manchas, sendo classificados como classe 4. O quadro 14 descreve melhor o relatado.

AZEITE DE OLIVA		
COR	CLASSE	
	Moura et al. (2006)	PRESENTE TRABALHO
Preta	4	5
Marrom	4	5
Branca	5	5

Quadro 14: classes de resistência ao manchamento para o agente azeite de oliva

O quadro 15 mostra as classes de resistência ao manchamento para o agente café. Neste, pode-se observar que a cor preta apresentou classe 5 para limpabilidade no trabalho publicado, enquanto que nos ensaios realizados neste trabalho, apresentou classe 4 ou 3. Para a cor marrom, neste trabalho, a classe determinada foi 3 enquanto que, no trabalho de Moura et al. (2006), a classe determinada foi 2. Para a cor branca, ambos os trabalhos apresentaram uma classificação que oscilou entre as classes 2 e 4.

CAFÉ		
COR	CLASSE	
	Moura et al. (2006)	PRESENTE TRABALHO
Preta	5	4 ou 3
Marrom	2	3
Branca	2 ou 4	2 ou 3

Quadro 15: classes de resistência ao manchamento para o agente café

Para o molho de soja, ou molho *shoyo*, a classificação das placas pretas foram parecidas nos dois trabalhos, oscilando entre classe 5 e 4. Para a cor marrom os resultados foram os mesmos, classe 5. Na cor branca as placas também apresentaram mesma classificação, classe 2 em sua maioria, com a exceção de uma placa utilizada no artigo que obteve classe 5. Os dados descritos estão apresentados no quadro 16.

MOLHO <i>SHOYO</i>		
COR	CLASSE	
	Moura et al. (2006)	PRESENTE TRABALHO
Preta	5	5 ou 4
Marrom	5	5
Branca	2 ou 5	2 ou 1

Quadro 16: classificação molho *shoyo*

6.6 MANCHAMENTO FRENTE AOS CATÁLOGOS DOS FABRICANTES

Com o intuito de testar se as informações apresentadas pelos fabricantes em catálogos técnicos procedem, realizaram-se testes complementares utilizando-se os produtos de limpeza indicados pelos mesmos. Esta análise não pode ser realizada com todos os fabricantes, pois alguns não dispõem de manuais com esclarecimentos sobre os processos de limpeza. Os 2 fabricantes cujos procedimentos foram avaliados foram os fabricantes <A> e <C>.

Os agentes manchantes que são descritos nos manuais disposto pelos fabricantes aos clientes, e que coincidem com os agentes ensaiados neste trabalho são o café, o vinho tinto e o azeite de oliva. Dessa forma, a análise recai sobre 3 dos 8 agentes manchantes ensaiados nesse trabalho.

Em ambos os manuais, outras possíveis manchas são descritas, oriundas de substâncias que os fabricantes consideram potencialmente manchantes. As orientações de limpeza dada pelos fabricantes aos clientes descrevem que para outros agentes manchantes, que não constem no manual, deve ser realizada limpeza com água quente, detergente neutro e detergente abrasivo. Como estes procedimentos foram realizados anteriormente neste trabalho, de acordo com a NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997), não será preciso testar novamente as placas, frente aos agentes manchantes que apresentarem mesma indicação de limpeza nos manuais para clientes e nos procedimentos adotados pela Norma.

O manual do cliente distribuído pelo fabricante <A> determina que para a limpeza dos agentes manchantes café, vinho tinto e azeite de oliva, deve ser utilizado o produto de limpeza denominado Veja Limpeza Pesada com Cloro Ativo. Porém, nas observações de limpeza, é informado que o referido produto deve ser utilizado para remoção de manchas localizadas e

com um tempo máximo de 15 minutos de exposição. Por esta razão, ensaios foram realizados, expondo a superfície das placas aos três agentes manchantes citados por 15 minutos, sendo, após esse período, executado o procedimento de limpeza com o produto de limpeza indicado. Nos quadros 17 a 19 são apresentados os resultados para as amostras do fabricante <A>, de acordo com seu manual do cliente.

VEJA CLORO ATIVO - 15 MIN

AMOSTRA	AGENTES MANCHANTES		
	CAFÉ	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA
A1Cz	S	S	S
A2Bg	S	S	S
A3BG	S	S	S
A4Pr	S	S	S
A5Az	S	S	S
A6Vr	S	S	S

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida

Quadro 17: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 15 min, com Veja Cloro Ativo nas amostras do fabricante <A>

O tempo de 15 minutos de exposição dos agentes manchantes sobre a superfície, não foram suficientes para acarretar manchamento das placas. Todas as unidades da amostra foram limpas pelo produto de limpeza Veja depois de 15 minutos.

Para fins de comparação com o procedimento de Norma, foram realizados ensaios com aplicação dos agentes manchantes por 24 horas sobre a superfície das placas, com posterior limpeza com Veja Limpeza Pesada com Cloro Ativo.

Em relação ao azeite de oliva, todas as placas foram limpas. Para o café houve duas placas que não permitiram remoção. Já para o vinho tinto, 3 das 6 unidades não permitiram limpeza, permanecendo manchadas.

VEJA CLORO ATIVO - 24 HORAS

AMOSTRA	AGENTES MANCHANTES		
	CAFÉ	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA
A1Cz	N	N	S
A2Bg	N	N	S
A3BG	S	N	S
A4Pr	S	S	S
A5Az	S	S	S
A6Vr	S	S	S

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida

Quadro 18: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Veja Cloro Ativo nas amostras do fabricante <A>

Diante do manchamento das placas frente ao café e o vinho tinto, foi realizado outro procedimento de limpeza descrito no manual do cliente. Este procedimento consiste na aplicação de um produto abrasivo, denominado Cif Saponáceo Líquido, sobre a mancha. Mesmo com a realização deste outro procedimento, as placas continuaram com as manchas do procedimento anterior, como mostra o quadro 19.

CIF - 24 HORAS

AMOSTRA	AGENTES MANCHANTES		
	CAFÉ	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA
A1Cz	N	N	-
A2Bg	N	N	-
A3BG	-	N	-
A4Pr	-	-	-
A5Az	-	-	-
A6Vr	-	-	-

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida
-	Não apresenta mancha

Quadro 19: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Cif Saponáceo Líquido nas amostras do fabricante <A>

O manual do cliente distribuído pelo fabricante <C> determina que para a limpeza dos agentes manchantes café, vinho tinto e azeite de oliva, deve ser utilizado o produto de limpeza denominado Limpeza Total. O quadro 20 mostra os resultados obtidos com as unidades fabricadas pelo fabricante <C> com o produto de limpeza citado, após o tempo de exposição, segundo Norma, de 24 horas.

LIMPEZA TOTAL

AMOSTRA	AGENTES MANCHANTES		
	CAFÉ	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA
C1Bg	N	N	S
C2Bg	S	S	S
C3Mr	N	N	S
C4Br	N	S	S
C5Bg	S	S	S
C6Cz	S	S	S

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida

Quadro 20: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Limpeza Total – produto comercializado pelo fabricante

A utilização do produto de limpeza indicado, não evitou o manchamento de algumas unidades de amostra diante dos agentes manchantes café e vinho tinto. O café acarretou 3 placas manchadas, enquanto que o vinho tinto, 2 placas manchadas das 6 ensaiadas. O azeite de oliva não apresentou nenhuma dificuldade de remoção, não acarretando manchas.

Para realizar uma nova tentativa de limpeza, foi utilizado o produto de limpeza, também indicado pelo fabricante <C>, Cif Saponáceo Líquido. Este procedimento não alterou os resultados obtidos anteriormente, diante do produto denominado Limpeza Total.

CIF

AMOSTRA	AGENTES MANCHANTES		
	CAFÉ	VINHO TINTO	AZEITE DE OLIVA
C1Bg	N	N	-
C2Bg	-	-	-
C3Mr	N	N	-
C4Br	N	-	-
C5Bg	-	-	-
C6Cz	-	-	-

Legenda:

	Descrição
N	Mancha não removida
S	Mancha removida
-	Não apresenta mancha

Quadro 21: procedimento de limpeza dos agentes manchantes, aplicados por 24 horas, com Cif Saponáceo Líquido

7 CONCLUSÕES

O revestimento denominado porcelanato ganhou amplo mercado por se tratar de um produto inovador, caracterizando-se pelo baixo nível de absorção de água, elevada resistência mecânica, a abrasão e resistência química. Estas qualidades, em conjunto com a estética do produto, tornam este material atraente aos consumidores. Porém uma das principais reclamações, evidenciada através de publicações técnicas e percebidas pelo relato de consumidores, é oriunda do manchamento destas placas, frente a agentes denominados manchantes. Com o intuito de analisar-se algumas placas de porcelanato polido, comercializados em Porto Alegre-RS, em relação a resistência ao manchamento, ensaios foram realizados segundo anexo G da NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997) e, posteriormente, segundo as indicações de limpeza de um fabricante.

Avaliando-se os resultados obtidos, pode-se constatar que o problema de manchamento está presente na maioria das placas de porcelanato polido estudadas. Das 20 unidades da amostra ensaiadas, 8 apresentaram limpabilidade frente aos agentes manchantes de uso cotidiano utilizados neste trabalho, restando 12 placas nas quais a classe de limpabilidade ultrapassou a permitida pela NBR 15463 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), que deve ser maior ou igual a classe 3.

Analisando em separado os fabricantes cujas placas foram ensaiadas, num total de 8, somente as placas de 2 delas apresentaram resistência ao manchamento em todas unidades da amostra. Porém este resultado não pode confirmar que os produtos do fabricante apresentam resistência ao manchamento, tendo em vista que de cada um destes fabricantes apenas 1 unidade de amostra. Dos 2 fabricantes que possuem um número maior de unidades na amostra, um total de 6 unidades por fabricante, o fabricante < A > apresentou 3 unidades manchadas, das 6 unidades, e o outro, o fabricante < C > apresentou 4 unidades nas quais a classificação ultrapassou a classe 3, não atendendo a Norma.

Diante do primeiro procedimento de limpeza, pode-se constatar que o agente manchante denominado café foi o que obteve o pior resultado em relação às manchas, seguidos da tintura

de cabelo, vinho tinto, erva mate e molho *shoyo*. Já o molho de tomate, o rejunte e o azeite de oliva não apresentaram grandes problemas de manchamento.

Ao analisar-se as placas após o segundo procedimento de limpeza, nota-se que, os mesmos agentes manchantes que se mostraram mais agressivos a superfície das placas frente ao manchamento, permaneceram, embora um pouco mais ameno, acarretando manchamento. O molho *Shoyo* passou a apresentar uma limpabilidade boa, seguidos dos agentes manchantes que já haviam se mostrado com baixo poder de agressividade em relação às manchas após o primeiro procedimento de limpeza.

Frente ao terceiro procedimento de limpeza, constata-se que a tintura de cabelo, seguidos do vinho tinto, erva mate e café são os agentes mais agressivos em relação ao manchamento das placas. Ainda pode-se constatar que o agente manchante que menos acarretou manchamento foi o azeite de oliva. Cabe lembrar que o azeite de oliva foi o único agente manchante utilizado neste trabalho descrito na Norma.

Através destes procedimentos de limpeza realizados, pode-se concluir que das 20 unidades da amostra ensaiada, apenas 8 placas apresentaram limpabilidade frente a todos os agentes manchantes utilizados nestes ensaios. Isto demonstra que o problema de manchamento de placas de porcelanato, frente a agentes manchantes, pode ocorrer com frequência e que alternativas a este problema devem ser tomadas para garantir uma melhor qualidade as placas de porcelanato.

Dos 8 fabricantes cujas placas foram ensaiadas, 2 apresentam uma manual de instruções destinado aos seus clientes. Estes possuem instruções de limpabilidade diante de agentes manchantes, descrevendo procedimentos e produtos que devem ser utilizados frente a cada agente manchante. Os processos de limpeza, com seus respectivos produtos de limpeza, foram realizados neste trabalho com o intuito de verificar o comportamento das placas frente ao manchamento segundo seu manual de usuário. Pode-se constatar que todos procedimentos descritos, bem como agentes de limpeza indicados, não alteraram e nem garantiram a limpabilidade das placas.

Esta amostra que continha 20 unidades de placas de porcelanato polido, não pode ser classificada de acordo com seu processo de impermeabilização, por se tratar de um processo sigiloso adotado pelas indústrias. Sendo inviabilizada a identificação do processo de

impermeabilização, bem como os produtos utilizados, não é possível determinar as melhores formas de impermeabilização que assegurem a resistência ao manchamento das placas.

Pode-se constatar que as placas apresentam, em sua maioria, uma deficiência grande em relação a resistência ao manchamento, ultrapassando muitas vezes a classificação limite, classe 3, que a Norma exige para as placas de porcelanato.

Tendo em vista que o procedimento de limpeza, após um tempo de exposição de 15 minutos, indicado pelo manual de instruções do fabricante <A>, realizado neste trabalho, obteve limpabilidade é interessante que outros ensaios sejam realizados para determinar um tempo máximo de exposição, sobre as placas, de agentes manchantes que assegurem limpabilidade das placas de porcelanato polido mediante aos primeiros procedimentos de limpeza.

Os ensaios descritos no anexo G da NBR 13818 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1997) tornam-se inviáveis de serem realizados, tendo em vista que a dificuldade de aquisição dos agentes manchantes estipulados por Norma é cada vez maior. Pode-se notar também, que procedimento de limpeza, realizado através de imersão das placas durante um período de 24 horas em reagentes de ataque e solventes, é inviável de ser realizado em placas cujo assentamento já esteja executado. Por fim, o tempo de exposição das placas, 24 horas, frente aos agentes manchantes pode estar sendo demasiadamente grande, levando em consideração que o procedimento realizado após 15 minutos de exposição atingiu uma limpabilidade adequada.

REFERÊNCIAS

- ALVES, H. J.; MELCHIADES, F. G.; FREITAS, M. R.; BOSCHI, A. O. Polimento em Peças de Porcelanato: avaliação da porosidade final e da resistência ao manchamento. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 23-29, mar./dez. 2010.
- ARANTES, F. J. S.; GALES, D. F.; QUINTEIRO, E. ; BOSCHI, A. O. O Manchamento e a Porosidade Fechada de Grês Porcelanato. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 18-25, maio/jun. 2001.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS. **ASTM 1378**: standard test method for determination of resistance to staining. West Conshohocken, 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.818**: placas cerâmicas para revestimento – Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
- _____. **NBR 15.463**: placas cerâmicas para revestimento – porcelanato. Rio de Janeiro, 2007.
- BITTENCOURT, E. L.; BENINCÁ, E. Aspectos Superficiais do Produto Grês Polido **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 40-46, jul./ago. 2002.
- CAVALCANTE, P. M. T.; DONDI, M.; ALMENDRA, E. R.; ERCOLANI, G.; GUARINI, G.; MELANDRI, C.; RAIMONDO, M. Influência das Características Superficiais na Resistência a Manchas do Grês Porcelanato. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 9, n. 5/6, p. 29-41, set./dez. 2004.
- DONDI, M. ; RAIMONDO, M.; ZANELLI, C. Resistência ao Manchamento de Revestimentos Cerâmicos. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 13, n. 5, p. 39-45, set./out. 2008.
- MOURA, C. B. ; LOVATO, P. S.; PRETTO, M. E. J.; PARAVISI, S.; COSTACURTA, V. ; ABITANTE, A. L. R. . Análise da influência das variáveis Cor e Brilho na limpabilidade de Porcelanatos. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 35-39, jul./ago. 2006.
- PORTOBELLO SA. O Processo Produtivo. Disponível em: <<http://www.portobello.com.br/portugues/aempresa/sobre/processoprodutivo.html>>. Acesso em: 16 nov. 2010.
- RAIMONDO, M.; ZANELLI, C.; DONDI, M.; GUARINI, G.; MATTEUCCI, F.; BIASINI, V.; GARDINI, D. Propriedades Superficiais de Peças de Grês Porcelanato: influência de diferentes recobrimentos protetores. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 7-12, maio/jun. 2006.
- TIMELLINI, G. ; CARANI, G. . Limpabilidade e Higiene das Superfícies de Pavimentos e Revestimentos Cerâmicos. **Cerâmica Industrial**: a revista do técnico cerâmico brasileiro, São Paulo, v. 2, n. 5/6, p. 16-28, set./dez. 1997.

VOLKMANN, A. R. Estudos de rotas de beneficiamento da nefelina-sienito para aplicação como fundente na massa cerâmica do porcelanato. 2004. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) — Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.