

# Grês Porcelanato: Aspectos Mercadológicos e Tecnológicos

**Antonio Pedro Novaes de Oliveira**

*Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica,  
Laboratório de Materiais, C.P. 476, 88035-000 Florianópolis - SC*

**Resumo:** O presente artigo apresenta, em forma sintética, algumas generalidades relativas ao mercado e às tipologias de produtos de grês porcelanato, considerando e discutindo, também, aspectos tecnológicos relacionados com o processamento e fatores que afetam decisivamente as propriedades finais dos produtos.

**Palavras-Chave:** *grês porcelanato,*

## Introdução

Nos últimos 15 anos a indústria de revestimentos e pavimentos cerâmicos (localizada preponderantemente nas províncias de Modena e Reggio Emilia) vêm se destacando notavelmente no panorama industrial italiano, determinando com uma produção anual (1996) de aproximadamente 554,5 milhões de metros quadrados um percentual relevante do produto interno bruto nacional.

Em nível produtivo, se assiste a uma nítida afirmação de novas tecnologias produtivas (monoqueima rápida, moagem a úmido contínua, etc.) que permitem a obtenção de tipologias particulares de produtos caracterizados por peculiares propriedades estéticas e de desempenho.

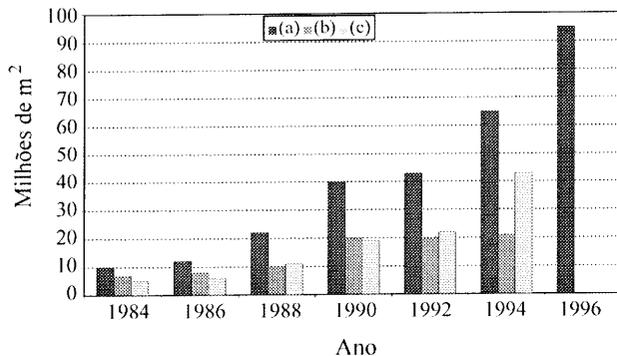
Entre os produtos emergentes e destinados a ocuparem uma fatia do mercado observa-se, em modo particular, um grande interesse com relação ao grês porcelanato (produto não esmaltado, muito denso, obtido por sinterização convencional e tendo porosidade expressa como absorção de água geralmente inferior a 0,3%), o qual vem continuamente aumentando em volume de produção seja na Itália (95,1 milhões de metros quadrados em 1996) seja no exterior (Fig. 1), aproximadamente 15% do total produzido na Itália. O crescimento da produção, e conseqüentemente das vendas, é atribuído à grande receptividade do mercado, não só italiano e europeu, mas também mundial (a Itália exporta mais de 60% do grês porcelanato produzido). A capacidade produtiva mundial de grês porcelanato é estimada atualmente em aproximadamente 150 milhões de m<sup>2</sup>/ano. Neste contexto operam cerca de 150 empresas, 30 das quais são italianas. Entre os países produtores mais importantes destacam-se China com cerca de 30 empresas, Taiwan com 20 e em ordem decrescente, França e Alemanha com 7, Malásia com 5, Tailândia, Indonésia, Espanha e Índia com 4; e por fim Polônia, Rep. Tcheca e

Eslovênia, Turquia, Coréia do Sul, Japão, Filipinas, Sirilândia, Argentina, USA, Venezuela, Brasil e Marrocos com poucas ou apenas uma unidade de produção.

Tal resultado seguramente se deve à pesquisa aplicada que, a partir de um produto tradicional para aplicações usuais na pavimentação de interiores e exteriores, foi capaz de propor um produto inovador, diversificado e versátil que apresenta portanto todas as características fundamentais necessárias atualmente para conquistar e manter uma posição de destaque no mercado.

O grês porcelanato é certamente um produto de qualidade superior com relação ao tradicional grês, em consequência da utilização de matérias-primas cuidadosamente selecionadas e procedimentos de processamento acuradamente controlados. Do ponto de vista industrial, o nascimento do grês porcelanato se deu nos anos 70 e é associado de uma parte a uma evolução conceitual e tecnológica de todas as fases do processo produtivo, a partir da reformulação das massas até a redefinição dos ciclos de queima, e de outra parte ao desenvolvimento das técnicas de coloração e decoração, evolução que não pode certamente ser considerada estagnada já que tem aberto interessantes perspectivas futuras.

O produto de base (proposto em vários formatos, preferencialmente grandes e tendencialmente quadrados) apresenta elevadas e peculiares características mecânicas tais como resistência à abrasão superficial, dureza, resistência a choques, etc. Além disso, a mistura de determinados componentes (óxidos) à massa base como pós e granulos coloridos permitiu a obtenção de produtos acabados de notável aspecto estético como o "graniti". Isto consentiu ao grês porcelanato de conquistar um espaço de mercado adicional em alternativa aos materiais naturais, oferecendo conjuntamente as características já evidenciadas, aspectos de praticidade no assentamento sem dúvida melhores.



**Figura 1.** Dados de produção e venda de grês porcelanato italiano. (a) Produção; (b) vendas na Itália e (c) vendas no exterior.

Entre as características técnicas do grês porcelanato, a mais importante é seguramente a resistência ao desgaste. Adicionalmente merecem destaque os baixos valores de absorção de água, alta resistência mecânica, a resistência ao ataque químico, a dureza superficial, a resistência ao congelamento, a resistência à compressão, o isolamento a descargas elétricas estáticas (o que faz deste material um componente insubstituível na pavimentação de centros de cálculo, salas de operação, etc.), se obtido pela adição de óxidos semicondutores, e o ótimo grau de higiene dos pavimentos.

Por outro lado, o grês porcelanato apresenta também importantes características estéticas e portanto ocupando espaço de emprego, como por exemplo no setor comercial de tráfego intenso, sem perder as já citadas características técnicas.

O grês porcelanato pode ainda ser convenientemente sujeito a um processo de polimento superficial (remoção de alguns décimos de milímetros de material da superfície da peça cerâmica) que realça notavelmente o aspecto estético, sem modificar em modo considerável as características mecânicas e aumentando as possibilidades de utilização.

Com base nos aspectos precedentemente expostos e em particular pelo grande interesse que o grês porcelanato supostamente assumirá no futuro da produção mundial de cerâmica, o objetivo deste artigo é apresentar ao leitor, em modo sintético e simples, as principais características tecnológicas e de mercado deste particular produto, destacando as variáveis de processamento que decisivamente influenciam nas suas propriedades finais.

**Tabela 2.** Classificação e definição do grês porcelanato segundo ASTM/ANSI A 137.1.

Peças Cerâmicas Prensadas	Absorção de Água - e (%)			
	E ≤ 0,5	0,5 < E ≤ 3	3 < E ≤ 7	7 < E ≤ 18
Pavimentos	muito vitrificado	vitrificado	semivitrificado	não vitrificado
Revestimentos	-	-	semivitrificado	não vitrificado

## Características Técnicas

A denominação grês porcelanato é suficiente para definir as origens e as características do produto. De fato, grês, na terminologia cerâmica, indica um material muito compacto, constituído por várias fases cristalinas dispersas em uma matriz vítrea, enquanto o adjetivo porcelanato tem uma raiz etimológica no termo porcelana, o material cerâmico mais nobre em evidência e apreciado há séculos. As Tabelas 1 e 2 apresentam a classificação do produto, segundo as normas europeias vigentes (CEN-EN 87) e americanas (ASTM/ANSI A. 137.1).

Na norma europeia (Tabela 1), o grês porcelanato é classificado no grupo BI, que compreende os materiais gresificados, porosidade menor que 3%, expressos em termos de absorção de água. Uma nota da mesma norma, entretanto, especifica que os produtos que apresentam absorção de água inferior a 0,5% devem ser considerados completamente vitrificados.

As normas ISO (International Standards Organization), atualmente em vias de aprovação, prevêem uma subdivisão mais detalhada, que individualiza especificamente os materiais com absorção de água inferior a 0,5%, assinalando-os a classe BIa.

Em realidade, os produtos industriais apresentam uma porosidade inferior aquela prevista pela norma, geralmente não superior a 0,1%.

O grês porcelanato é, entre os materiais cerâmicos para pavimentação, aquele que melhor se presta a solicitações de desgaste, em consequência da sua elevada dureza superficial. Além disso, apresenta ótimas propriedades de anti-congelamento, de resistência mecânica à flexão e compressão, de resistência ao ataque químico e a manchas, etc. A Tabela 3 apresenta um quadro explicativo das prin-

**Tabela 1.** Classificação e definição do grês porcelanato segundo a norma CEN-EN 87.

Absorção de Água - e (%) Peças Cerâmicas Prensadas			
I	IIa	IIb	III
E ≤ 3	3 < E ≤ 6	6 < E ≤ 10	E > 10
BI	BIa	BIb	BIII
Não esmaltados	< 1,5		
Não esmaltados e muito vitrificados	< 0,5		

cipais características do grês porcelanato, colocando em confronto os valores mínimos prescritos pelas normas e os valores reais obtidos de produtos encontrados no comércio. Ulteriores aspectos a serem considerados em eventuais aplicações especiais são a possibilidade de obtenção de um produto anti-estático eletricamente e com elevadíssima qualidade de higiene. Estas propriedades permitem o emprego deste produto em locais envolvidos com serviços de informática e em estruturas sanitárias e salas de operações hospitalares.

## Características Mercadológicas

### Formatos

A produção italiana dos últimos 10 anos estabeleceu-se decisivamente na produção de formatos quadrados de média dimensão (90%); em particular os formatos 30 x 30 cm e 33 x 33 cm, os quais correspondem a 60% e o 40 x 40 cm que contribui com 10%. Resulta modesta, ao contrário, a produção dos formatos retangulares. Além dos formatos mais difusamente produzidos, são presentes ainda uma série de produtos que vão desde aqueles de grandes dimensões (ex. 60 x 120 cm) até os pequenos formatos e os formatos especiais.

### Tipologias

A combinação dos aspectos técnicos e estéticos determina, de fato, a aplicação de uma peça cerâmica, isto é, residencial, comercial e industrial. O grês porcelanato, que originariamente era utilizado somente em aplicações industriais, atualmente tem encontrado uma ampla colocação no setor comercial de tráfego leve.

A pesquisa aplicada tem permitido, de fato, sem comprometer as características de desempenho dos produtos, individualizar novas tipologias muito interessantes, induzindo a drásticas diversificações de produtos no mercado e

consentindo a difusão em setores tradicionalmente orientados a produtos de elevado valor estético.

Para melhor enquadrar e conhecer os novos produtos estudados e realizados no curso dos últimos anos, cita-se abaixo uma classificação sintética das tipologias comerciais existentes atualmente (fabricação italiana), que naturalmente abrange também os produtos consolidados há muito tempo.

“**Tinte Unite**”: são os produtos esteticamente mais simples, sobre os quais predominam as cores pastéis; frequentemente empregados, no estado polido, nos centros comerciais polivalentes. São obtidos a partir de pós atomizados e uniformemente coloridos.

“**Graniti**”: são obtidos da mistura de pós atomizados de várias cores, que dão origem ao efeito comumente chamado de “sale e pepe” (sal e pimenta). Frequentemente a tinta predominante de fundo é branca ou mesmo clara e reflete a cor natural da massa cerâmica de base não sujeita a coloração.

“**Variegati**”: são produtos realizados com mistura de pós coloridos (atomizados e em alguns casos micronizados, obtidos por desagregação dos atomizados) que, através de sistemas adequados de alimentação das prensas, vêm distribuídos com um certo grau de aleatoriedade, dando origem a particulares efeitos superficiais de esfumatura e relevo.

“**Macrograniti**”: são obtidos pela mistura de pós atomizados com percentuais de 10 a 50% de grânulos de grandes dimensões (1-8 mm) obtidos por regranação a seco ou a úmido de pós atomizados ou micronizados, os quais podem ser monocromáticos ou apresentarem uma seção contendo diversas tonalidades de cores. A superfície das peças cerâmicas, as quais apresentam um fundo cromático similar àquele dos “graniti” ou dos “variegati” sobre a qual resalta a presença dos grânulos, oferece um agradável efeito que reproduz o aspecto de algumas pedras naturais.

**Tabela 3.** Características técnicas do grês porcelanato. Confronto entre os valores requeridos ou prescritos pelas normas e aqueles reais dos produtos comerciais. \* Esmaltado.

Características	Norma	Valores Prescritos	Valores Reais - Produtos
Absorção de água	EN 99	≤ 0,5 %	< 0,1 %
Resistência à flexão	EN 100	≥ 27 N/mm <sup>2</sup>	> 50 N/mm <sup>2</sup>
Resistência à abrasão	EN 102	< 205 mm <sup>3</sup>	< 130 mm <sup>3</sup>
Resistência ao congelamento	EN 202	Sem defeitos visíveis	Sem defeitos visíveis
Expansão térmica linear	EN 103	≤ 9 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>	≈ 7 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Resistência ao ataque químico	EN 106	nenhuma variação visível	Nenhuma variação visível
Choque térmico	EN 104	nenhuma alteração	Nenhuma alteração
Dureza Mohs	EN 101	> 5	7-8
Resistência a manchas	EN 122 *	nenhuma variação visível	nenhuma variação visível

**Produtos obtidos pela decoração com sais solúveis e esmaltes:** são obtidos por aplicação serigráfica ou por gotejamento (a disco, aerógrafo, etc.) de esmaltes ou de solução contendo sais cromóforos de Fe, Cr, Co, Mn, etc., normalmente sobre massas brancas ou super brancas, cruas ou queimadas (biscoitadas). O efeito produzido é de notável aspecto estético e pode apresentar características de grande originalidade.

**Rústicos estruturados esmaltados:** Trata-se de produtos obtidos da massa base ou de recuperação, prensados com estampos estruturados e valorizados com detalhes (relevos), sujeitos a aplicações tipo spray ou serigráfica de base, gramatura de esmaltes e/ou sais solúveis e eventualmente escovados. O efeito de envelhecimento geralmente é muito eficaz, similar ao natural produzido pelo tempo e uso, o que permite aos produtos serem muito competitivos no mercado.

## Matérias-Primas

As matérias-primas usadas na formulação de massas de grês porcelanato assumem, em geral, configurações mineralógicas distintas e cada uma exerce uma função própria e específica: as matérias-primas argilosas conferem plasticidade à massa, enquanto aquelas complementares, não plásticas, caracterizadas por minerais fundentes e aqueles predominantemente refratários são responsáveis, em linhas

gerais, pela densificação e resistência mecânica do material respectivamente.

À primeira família pertencem os minerais argilosos de natureza ílítico-caliniticos ou montemoriloníticos, os quais apresentam características plásticas mais ou menos evidentes com relação à própria estrutura mineralógica e à granulometria das partículas. Os minerais fundentes são representados por feldspatos e feldspatóides, talco e outros. Aqueles mais refratários com função estrutural são os quartzos e os quartzitos em geral.

De todos os componentes é requerida uma baixa concentração de óxidos colorantes como  $Fe_2O_3$  e  $TiO_2$ , para evitar contaminações cromáticas da cor natural da massa. As relações quantitativas entre os componentes dependem da natureza mineralógica das argilas, da granulometria das partículas argilosas e, em última análise, da reatividade destas com relação aos minerais fundentes.

As Tabelas 4 e 5 apresentam um quadro típico das características químicas e físicas das matérias-primas utilizadas na formulação de massas de grês porcelanato. A argila do tipo plástica (B) tem a função de fornecer as características plásticas a verde, portanto melhores propriedades durante a fase de compactação e resistência mecânica após secagem. O caulim-china clay (A) é complementar a argila anterior, já que também confere plasticidade e é fundamental, do ponto de vista composicional, para aumentar o teor de alumina. O feldspato (ou eventu-

**Tabela 4.** Composição química de matérias-primas empregadas na fabricação de grês porcelanato. \* Perda ao fogo.

Matérias- Primas	Composição Química (%)								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P.F.*
Caulim-A	49	36	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	12
Argila Plástica-B	64	25	1,5	0,6	0,3	0,4	0,6	0,5	7
Feldspato-C	70	19	1,2	7	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5
Quartzo-D	98	0,8	-	0,2	-	0,3	0,1	0,2	0,2
Talco-E	51	8	0,2	-	0,3	0,6	0,3	30	7

**Tabela 5.** Características físicas de matérias-primas [Caulim (A)\* e argila plástica (B)\*] utilizadas na fabricação de grês porcelanato. \*Composição química idêntica àquela apresentada em Tabela 4.

Características Físicas	Matérias-Primas	
	Caulim -A	Argila plástica - B
Resist. à flexão à verde (kgf/cm <sup>2</sup> )	6-10	12-20
Resist. à flexão à verde (kgf/cm <sup>2</sup> ) (seco)	12-18	20-30
	Queima a 1100 °C	
Porosidade (%)	10-12	3-6
Retração linear (%)	7-8	4-6
Resistência à flexão (kgf/cm <sup>2</sup> )	120-150	250-350

almente o talco em pequenas quantidades) é um material fundente nos usuais níveis técnicos de temperatura de queima (1200-1230 °C). O quartzo por outro lado, quando participa da fusão com os feldspatos, é um componente que equilibra a viscosidade e o fluxo vítreo. Entretanto, quando não participa das reações, constitui a matriz base da ou das fases cristalinas presentes no material e, conseqüentemente, no produto acabado, junto a uma modesta quantidade de mulita, resultante da decomposição das caulinitas.

## Composições

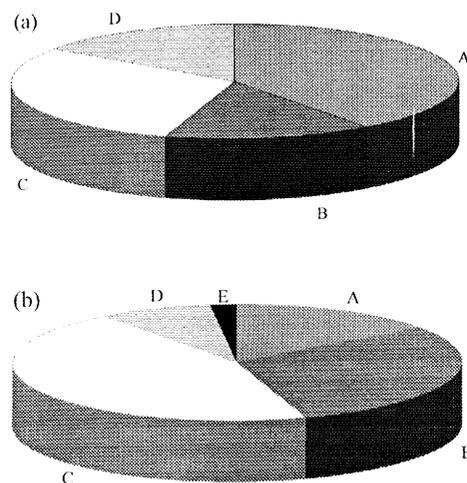
O grês porcelanato constitui a evolução do material conhecido com o nome de “grês químico”, tradicionalmente vinculado aos pequenos formatos (5 x 5 cm, 10 x 10 cm) ligados a tecnologias hoje não mais utilizadas.

As novas composições adotadas e o emprego dos fornos a rolos associados às modernas prensas hidráulicas de alta pressão e precisão de conformação permitiram que o produto aumentasse o seu valor agregado, valendo-se da confiabilidade alcançada pela queima rápida. A tal propósito, as Figs. 2 (a) e (b) apresentam um confronto entre uma composição tradicional de “grês químico” adotada nos velhos ciclos de trabalho (Fig. 2 (a): temperatura de queima de aproximadamente 1200-1220 °C e ciclo de 40-50 h) e uma composição atual adequada aos ciclos rápidos de queima (Fig. 2 (b): temperatura de queima entre 1200-1230 °C e ciclo de 50-70 min)

A estrutura dos materiais após queima é similar nos dois casos, todavia no primeiro caso (ciclo lento) se verifica a presença de mulita em altos percentuais e a ausência de microporosidade (poros abertos e fechados), propriedade que confere ao material uma elevadíssima resistência a manchas.

A quase absoluta ausência de porosidade e a formação dos cristais de mulita podem ser atribuídas principalmente ao prolongado tempo de queima, que permite a completa densificação do material.

A composição química de grês porcelanato indicada na Fig. 2 (b) é típica de uma massa de base normalmente utilizada em produção. No entanto, na produção de cerâmicas decoradas com sais solúveis é preferível dispor de suportes muito brancos (super brancos), para realçar a intensidade e a tonalidade cromática. Neste sentido, além das matérias-primas mencionadas, são necessárias, para incrementar o grau de brancura da massa base, adições de matérias-primas tais como: silicato de zircônio, alumina, óxido de zinco, etc. Tais matérias-primas, as quais apresentam características de refratariedade, são geralmente introduzidas na formulação como substitutos parciais do quartzo. Como exemplo prático dos conceitos expressos, a Tabela 6 apresenta as análises químicas de diversas massas



**Figura 2.** Composições de grês formuladas com as matérias-primas precedentemente descritas. (a) Composição clássica (A - caulim: 35-45%, B - argila plástica: 12-18%, C - feldspato: 27-32%, D - quartzo: 12-18%) de grês cerâmico adotada nos velhos ciclos de trabalho (temperatura: 1200-1250 °C e ciclo de 30-50 h); (b) composição (A - caulim: 12-18%, B - argila plástica: 27-32%, C - feldspato: 42-48%, D - quartzo: 5-10%, E - talco: 0 - 3%) adequada aos ciclos rápidos (temperatura: 1200-1230 °C e ciclo de 60-70 min).

**Tabela 6.** Composição química de algumas massas utilizadas industrialmente. (1): grês químico (queim a em forno túnel); (2-3): grês porcelanato (massa base); (4-5): grês porcelanato (massa super branca).

Óxidos Constituintes	Massas				
	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	65	67	71	68	64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24	21	18	18	21
K <sub>2</sub> O	1,5	1,7	1,8	1,4	2,9
Na <sub>2</sub> O	3,0	4,5	4,0	3,5	3,9
CaO + MgO	0,1	0,8	0,9	0,7	0,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	0,3	0,8	0,9	0,6	1,0
ZrO <sub>2</sub>	-	-	-	4,4	3,1
P.F.	6,1	4,2	3,4	3,4	3,4

base e superbrancas, bem como da massa de “grês químico” utilizada no passado e queimada em forno túnel.

## Matérias-Primas Semipreparadas

### Atomizados

A granulometria ótima dos pós atomizados é muito análoga àquela aconselhada para a produção das outras categorias de cerâmicas de revestimento. A título exemplificativo, a Tabela 7 apresenta a distribuição granulométrica de uma massa comumente empregada na produção de grês porcelanato. Os valores indicados são interpretados com uma certa flexibilidade, já que para cada valor, dentro de uma dada faixa granulométrica, é concedida uma certa tolerância, cuja amplitude deve ser fixada em relação ao valor considerado.

### Regranulados

A regranulação consiste no aumento das dimensões dos grânulos ou atomizados originais dos pós empregados (0,1-0,8 mm para o atomizado) de até 2-8 mm, os quais dependem do tipo de técnica de processamento:

**Sistema de regranulação a seco:** os grânulos são muito compactos, têm umidade substancialmente idêntica àquela dos pós atomizados de partida e são constituídos por lamelas afiladas, com dimensões de 2-6 mm e peso específico de 1,2-1,4 g/cm<sup>3</sup>.

**Sistema de regranulação a úmido:** os grânulos têm formas arredondadas e dimensões entre 1 a 8 mm.

Em certas condições os grânulos produzidos têm um teor de umidade (> 12%) tal que é aconselhável a secagem antes do peneiramento de controle e da prensagem (compactação). A umidade ótima dos grânulos para a prensagem é de 8-11%. O peso específico dos grânulos é, normalmente, superior ao do atomizado (1,15-1,30 /cm<sup>3</sup>).

Seja para os grânulos obtidos por regranulação a seco ou para aqueles formados a úmido, o percentual de mistura com o atomizado de base não deve superar, em geral, os

**Tabela 7.** Distribuição granulométrica típica de uma massa de grês porcelanato utilizada em produção.

Faixa Granulométrica ( $\mu$ -Microns)	Fração Retida (%) nas Peneiras
> 600	1
600-425	9
425-300	10
300-250	42
250-180	17
180-125	14
< 125	7

25% para não incorrer em problemas complexos na fase de prensagem.

### Micronizados

Para a realização de algumas tipologias particulares de produtos, por exemplo os “variegati”, pode ser conveniente usar pós superfíneos, denominados micronizados, que são obtidos pela moagem ou desagregação de atomizados por meio de dispositivos apropriados. Tais pós apresentam, considerando a sua distribuição granulométrica, partículas com dimensões normalmente inferiores a 63  $\mu$ m.

Embora o transporte e a estocagem apresentem alguma dificuldade devida à tendência a empacotamento, os micronizados, prensados com misturas de pós atomizados, produzem esfumaturas superficiais de agradável efeito estético.

## Materiais Auxiliares para Decoração

As técnicas de decoração, baseadas no emprego de sais solúveis, permitem de obter efeitos cromáticos e gráficos originais mediante a utilização de soluções cromóforas que se difundem para o interior do suporte cerâmico e que se fixam durante o processo de queima. As soluções ou as pastas serigráficas podem ser aplicadas seja sobre suportes crus e secos ou sobre queimados. O primeiro caso, que é muito mais difuso com relação ao segundo, prevê uma primeira queima do suporte a temperaturas de aproximadamente 1000 °C.

Nos últimos anos um grande impulso foi dado à pesquisa e à utilização de novas formulações de sais cromóforos, o que permitiu o estabelecimento de rotinas de processamento muito bem definidas, e, em consequência, a obtenção de produtos personalizados e com elevada qualidade estética. Os sais empregados não são simples sais inorgânicos, mas ao contrário complexos organometais (ex: oxalatos) de natureza química diversa, segundo o metal considerado, que asseguram efeitos cromáticos e brilho das tintas ou pastas comparáveis aqueles dos óxidos ou pigmentos comumente empregados na formulação de esmaltes.

A aplicação dos sais ocorre por meio de máquinas serigráficas, cabine a disco ou, raramente, com aerógrafos. Pode-se também prever uma aplicação mista de sais solúveis em forma de pasta, densificada com aditivos apropriados, seguida de uma aplicação a disco com soluções líquidas. O material decorado com os sais vem, subsequentemente, parcialmente ou totalmente removido através de processo de polimento. No segundo caso é possível obter uma superfície brilhante e espolhada.

## Parâmetros Tecnológicos Fundamentais

Paralelamente à natureza química e mineralógica das massas cerâmicas, os parâmetros tecnológicos exercem um papel fundamental nas etapas do processo:

### Grau de moagem

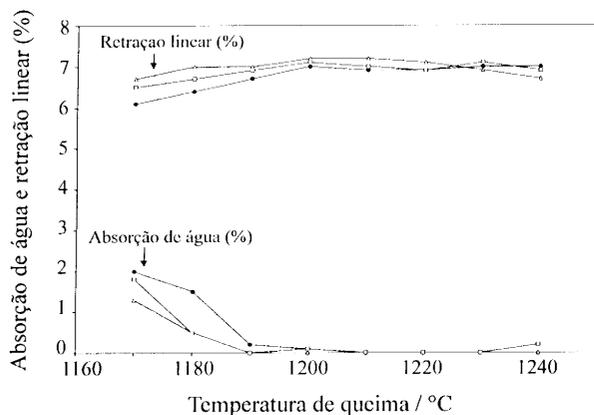
Para favorecer as reações de vitrificação e densificação durante queima, o valor do resíduo em malha 230 mesh, da barbotina após moagem, deve ser pequeno e dentro de uma faixa muito restrita, entre 0,5 e 1%. A estes valores de resíduo correspondem normalmente diâmetros médios de partículas compreendidos entre 15 e 20  $\mu\text{m}$ . Este nível de granulometria contribui para aumentar a superfície específica das partículas que compõem a massa cerâmica e portanto a reatividade durante queima.

### Densidade a verde

O objetivo é alcançar, em fase de prensagem, o máximo grau de densificação e em níveis compatíveis com os problemas que se manifestam durante queima. A pressão de compactação normalmente utilizada (350–450  $\text{kgf/cm}^2$ ) permite de obter valores de densidade a verde de 1,95–2,00  $\text{g/cm}^3$ . No caso dos “macrograniti”, é necessário empregar pressões de compactação da ordem de 600  $\text{kgf/cm}^2$ , para uniformizar as inevitáveis variações de densidade aparente dos diversos grânulos que compõem o corpo cerâmico em questão.

### Ciclo e temperatura de queima

É a fase final do processo, e na qual se manifestam os resultados dos processos de moagem e de compactação. Temperatura e tempo são os parâmetros fundamentais que devem ser avaliados atentamente para se alcançar os objetivos prefixados, ou seja, a obtenção de um material vitrificado com baixa porosidade, mediante a aplicação de um ciclo de queima rápida, usualmente 50 a 70 min, a temperaturas da ordem de 1200 a 1230  $^{\circ}\text{C}$ . É importante observar que os parâmetros



**Figura 3.** Curva de gresificação relativa a algumas massas industriais de grês porcelanato contendo pigmentos.

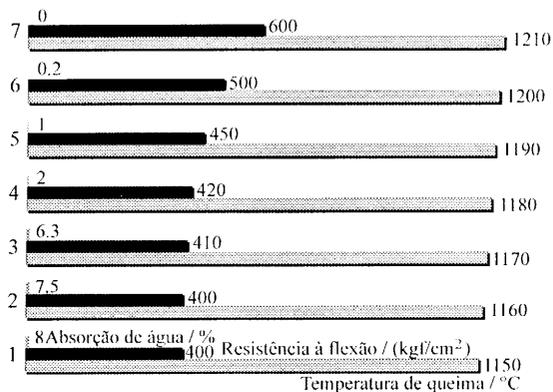
indicados não podem ser estudados e avaliados separadamente, mas sim globalmente, considerando as interações entre eles e os efeitos induzidos por variações, isoladas ou concomitantes, de outros parâmetros.

No caso de massas contendo corantes ou pigmentos, é muito importante considerar o equilíbrio ou as variações observadas na curva de gresificação (Fig. 3), entre as várias composições consideradas (com e sem adição de pigmentos). De fato, adições de pigmentos à masa base podem modificar o comportamento desta com relação a capacidade de vitrificação e deslocar o ponto ótimo de queima, exigindo, conseqüentemente, um ulterior ajuste de composição. Não é o caso do exemplo da Fig. 3, que apresenta condições de equilíbrio muito satisfatórias.

A Fig. 4 apresenta as variações de resistência à flexão e de absorção de água em função da temperatura de queima. Os requisitos do produto acabado, isto é, após queima são: absorção de água quase nula, valores muito elevados de resistência à flexão e à abrasão profunda, resistência a manchas. Tais requisitos são influenciados seja pela escolha das matérias-primas, seja pelas condições de processamento nas fases fundamentais de dosagem, moagem, compactação ou prensagem, secagem e queima.

## Considerações Finais

O grês porcelanato, sem dúvida, é atualmente a cerâmica de revestimento que apresenta as melhores características técnicas e estéticas, em confronto com as demais categorias de cerâmicas tradicionais encontradas no mercado. Tal sucesso se deve a um longo processo de desenvolvimento e amadurecimento tecnológico, o qual permitiu a elaboração de um material constituído por fases cristalinas de elevada dureza e muito denso. Do ponto de vista técnico, o grês porcelanato é um material polifásico contendo cerca de 40% de fase vítrea e porosidade residual. Tal porosidade, se não controlada ou mantida a baixos níveis, seguramente afetará as propriedades mecânicas do material e conseqüentemente do produto final, podendo dar origem



**Figura 4.** Variação da resistência à flexão e absorção de água em função da temperatura de queima de massas industriais de grês porcelanato. Valores médios.

também a fenômenos marcantes de manchamentos causados pela intrusão de resíduos sólidos. Geralmente, os valores de porosidade aberta são muito baixos (0,1% em termos de absorção de água e 0,5% segundo porosimetria de mercúrio) e portanto a superfície das peças cerâmicas não manifesta problemas particulares de manchamentos. Por outro lado, a porosidade fechada (interna ao suporte cerâmico ou na subsuperfície) é de aproximadamente 6-7% com poros de dimensões entre 1 e 10  $\mu\text{m}$ . Todavia, tal porosidade, durante processo de polimento, o qual remove cerca de 0,5 a 1 mm da camada superficial da peça cerâmica, se torna aberta. Existem diversas possibilidades de intervenção, algumas das quais já amplamente adotadas, para reduzir os efeitos ou a incidência de microporosidade residual sobre o desempenho do produto em condições de serviço. A tal propósito foi demonstrado que a penetração e a remoção de agentes que produzem manchas ou perda de aspecto visual estão relacionadas com a forma e o diâmetro dos poros. Poros abertos de dimensões relativamente grandes ( $> 60 \mu\text{m}$ ) facilitam a limpeza do produto, mas determinam porém uma perda de aspecto estético da superfície, já que estes poros podem ser visualizados a olho nu. Ao contrário, poros menores resolvem em grande parte o problema, já que não consentem ou consentem pouco a intrusão de substâncias estranhas e, portanto, sendo a situação desejada para a otimização do produto. Mesmo assim, poros menores, quando sujos conduzem a um obscurecimento uniforme e gradual, o qual é menos perceptível à degradação causada pela abrasão. Além da porosidade, a microrugosidade da superfície desgastada também retém detritos. Em consequência, superfícies sem porosidade aberta apreciável podem apresentar perdas de aspecto importantes se muito rugosas.

A solução total ou parcial dos problemas de perda de aspecto estético relacionados com a porosidade é a adoção de ajustes apropriados dos parâmetros de processamento, visando aumentar o grau de densificação do material, mediante:

- aumento da superfície específica das partículas de alguns componentes da massa, em particular quartzo e feldspatos, através de modificações e controle dos parâmetros de moagem;
- aumento da densidade a verde dos compactados, através do emprego de maiores pressões de compactação;
- utilização de fundentes mais reativos, porém compatíveis com a estabilidade físico-química e a tendência à deformação pirolástica das massas.

A adoção destas e outras possíveis soluções certamente contribuirá para a garantia de um elevado padrão de qualidade do grês porcelanato produzido.

A evolução estética do grês porcelanato, considerando as atuais tendências de produção, vem se caracterizando, inevitavelmente, por uma diversificação das gamas de efeitos

decorativos, o que tem contribuído muito para a difusão deste produto. Os novos produtos protagonistas desta diversificação estética são os já citados “macrograniti”, os decorados com sais solúveis, os “variegati”, os produtos rústicos estruturais obtidos por dispersão de sais solúveis e tratamentos particulares (escovamento, etc), os produtos obtidos com técnicas de aplicação mista (aplicações serigráficas, esmaltes peletizados e eventualmente sais solúveis sobre superfícies esmaltadas ou não). Para algumas tipologias de produtos, a operação de polimento produz superfícies similares aos mármore e aos granitos naturais. Esta evolução estética já praticada aumenta o valor agregado do produto, favorecendo a sua difusão em segmentos do mercado sempre mais voltados à aplicação residencial.

## Agradecimentos

O autor agradece pelo suporte fornecido pela Fundação Coordenação de Pessoal de Nível Superior - CAPES e a Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

## Bibliografia

1. S. Consenza, Tesi di Laurea: “Il Grès Porcellanato: Stato Attuale e Prospettive”. Dipartimento di Chimica, Facoltà di Ingegneria, Università di Modena - Italia (1997).
2. “Dalla Tecnologia alle Macchine ai Forni per la Piastrina SACMI”, note tecnologiche sulla fabbricazione delle piastrelle ceramiche, Vol. 1 (pp. IV-06 a IV-16) Italia (1996).
3. T. Manfredini, G. C. Pellacani, M. Romagnoli, L. Pennisi, “Porcelainized Stoneware Tile”. *American Ceramic Society Bulletin* **1995**, 5, 74.
4. V. Beltrán, C. Ferrer, V. Bagán *et al.*, “Influenza delle Caratteristiche della Polvere di Pressatura e della Temperatura di Cottura sulla Microstruttura Porosa e sulla Resistenza al Colorante di Piastrelle di Grès Porcellanato”. *Ceramica Informazione*, maggio 1997, N. 370.
5. L. Barbieri, A. M. Ferrari *et al.*, “Determinazione della Microdurezza Vickers e Knoop di Materiali Ceramici Smaltati e tipo Grès Porcellanato”. *Ceramica Informazione*, ottobre 1993, N. 331.
6. L. Barbieri, L. Bonfatti, A. M. Ferrari *et al.*, “Relationship Between Microstructure and Mechanical Properties in Fully Vitrified Stoneware”. Proceedings of the World Ceramics Congress (pp. 99-105), part of the 8<sup>th</sup> CIMTEC-World Ceramics Congress and Forum on New Materials, Florence, Italy: June 28 - July 4, 1994.
7. M. Dondi, B. Fabbri, T. Manfredini, G. C. Pellacani, “Microstructure and Mechanical Properties of Porcelainized Stoneware Tiles”. Fourth Euro Ceramics – Vol. 11 – pp. 319-326, Floor and Wall Tiles. Edited by C. Palmonari, Italy (1995).