

Considerações Técnicas sobre Produtos de Revestimento Porcelânico e seus Processos de Manufatura. Parte II

Enrique Sánchez

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)

Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas

Universidad Jaume I. - Castellón, Espanha

e-mail: sanchez@itc.uji.es

Resumo: Este artigo procura, primeiramente, esclarecer, a partir de um ponto de vista técnico, a terminologia utilizada para definir diferentes tipos de produtos correntemente incluídos sob o termo revestimento porcelânico. Para isso, é necessária uma breve revisão sobre a evolução histórica do produto, desde o seu surgimento até os dias de hoje.

A segunda parte analisa a performance do produto (força e rigidez mecânica, resistência a manchas, brancura e desenvolvimento da cor e resistência ao congelamento) e discute como ela pode ser adquirida por meio de uma microestrutura apropriada do revestimento queimado. Nota-se, também, que o controle rígido das matérias-primas, das variáveis do processo e da microestrutura verde é também necessário para a obtenção de tais propriedades. Por outro lado, origens e soluções para alguns dos problemas associados à manufatura do revestimento porcelânico são examinados, como a falta de compressibilidade do pó de prensagem, segregação das misturas de pós coloridos e dificuldade para polimento.

Finalmente, tendo em vista a tendência, nos últimos anos, dos revestimentos porcelânicos em reproduzir perfeitamente pedras naturais, é delineado um possível futuro baseado em *P + D + I* (*Pesquisa + Desenvolvimento + Inovação*) em relação ao design do produto e à tecnologia de manufatura.

Palavras-chaves: *revestimento porcelânico, manufatura*

4.3.3. Brancura

A brancura do produto queimado depende em grande parte da composição inicial das matérias-primas. A Fig. 11 mostra que a redução da quantidade de Fe_2O_3 e TiO_2 na composição do revestimento porcelânico padrão aumenta o grau de brancura no produto queimado (coordenada L^* aumenta e coordenada b^* diminui). A figura também mostra que a área de temperatura de trabalho do revestimento porcelânico (marcada com um círculo) praticamente coincide com a brancura mínima do produto como um resultado do efeito corante do óxido de ferro introduzido na fase vítrea que está surgindo. De acordo com Zhou e Weissman²⁸, a incorporação de ferro na fase vítrea é a causa principal da perda de brancura na porcelana, uma vez que com um determinado teor de óxido de ferro na com-

posição, a mulita, que deveria acomodar a mesma quantidade de ferro que a fase vítrea, não demonstra a mesma mudança de cor que a fase vítrea.

Com o mesmo teor de impurezas cromóforas, a brancura final do produto depende da natureza e proporção das fases desenvolvidas durante a queima. Recentemente, Sánchez *et al.*^[26] confirmaram a existência de uma grande correlação entre brancura (coordenada L^*), o grau de amarelo (coordenada b^*) e a quantidade de fases cristalinas no produto queimado (quartzo + mulita), sendo que a brancura aumenta (L^* aumenta) e o tom amarelado diminui (b^* diminui) com o aumento do teor total de fases cristalinas (Fig. 12).

Esses resultados acentuam o efeito opacificante das fases cristalinas presentes na matriz vítrea. Embora a dife-

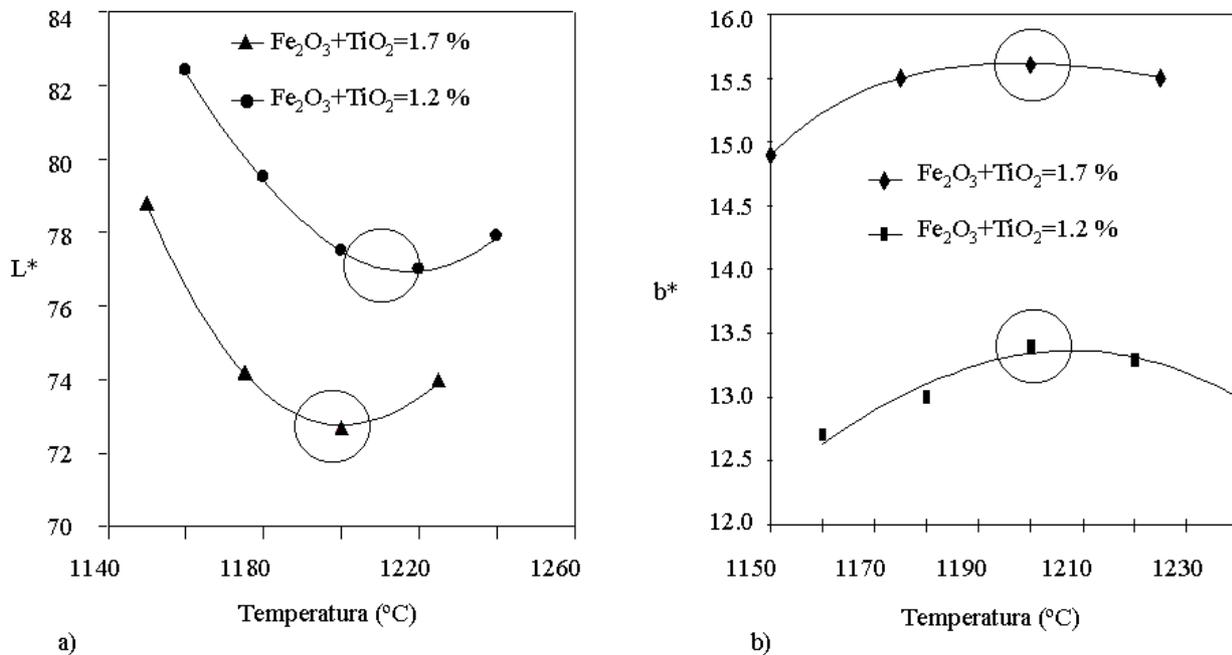


Figura 11. Variação das coordenadas L^* (a) e b^* (b) com a temperatura para duas composições de revestimentos porcelânicos com dois teores diferentes de impurezas corantes Fe_2O_3 e TiO_2 .

rença no índice de refração entre a mulita (1,67) e o quartzo (1,54) em relação à fase vítrea (por volta de 1,62) seja pequena, a presença de cristais de ambos os componentes na fase vítrea é o mecanismo principal de opacificação. Por outro lado, graças ao baixo teor de elementos cromóforos (ferro e titânio) presentes nessas fases cristalinas, essa opacificação aumenta a brancura do revestimento (L^* aumenta e b^* diminui). O efeito opacificante da mulita devitrificada é maior que a do quartzo residual porque o tamanho de suas partículas é bem menor.

4.3.4. Desenvolvimento da cor

Como a brancura, o desenvolvimento da cor nos produtos coloridos depende, como alguns autores indicam²⁹, das impurezas cromóforas contidas nas matérias-primas. A diminuição da proporção deste tipo de impureza geralmente acarreta em melhor desenvolvimento da cor. No entanto, a força corante está também relacionada ao teor da fase vítrea no revestimento queimado e mesmo à natureza desta fase vítrea.

Assim em geral, o aumento da proporção da fase vítrea incentiva o desenvolvimento da cor, uma vez que ela reduz o efeito opacificante da fase cristalina. Para verificar esse fato, foi analisado o efeito de quatro ingredientes básicos da composição do revestimento porcelânico padrão (caulim, quartzo, feldspato sódico e feldspato potássico) no desenvolvimento da cor. Para isso, foram utilizadas

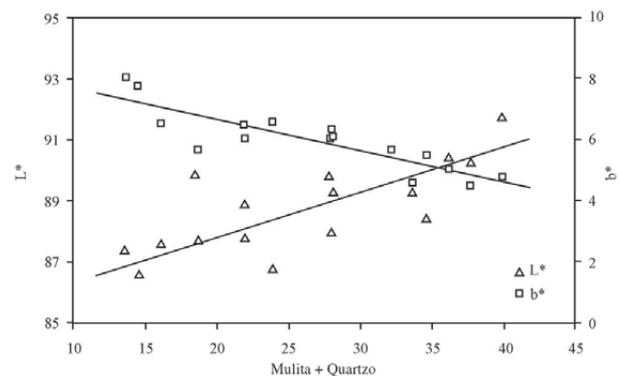


Figura 12. Variação das coordenadas cromáticas L^* e b^* com o teor da fase cristalina (quartzo + mulita) no revestimento queimado.

matérias-primas praticamente sem impurezas. Três pigmentos industriais foram escolhidos: preto, azul e vermelho. Para uma apresentação concisa, somente os resultados encontrados com o pigmento preto foram incluídos neste artigo. A Fig. 13 representa graficamente a variação da coordenada cromática L^* dos revestimentos porcelânicos em relação a quantidade de cada matéria-prima da composição, para as quais foi adicionada uma quantia padrão de pigmento preto.

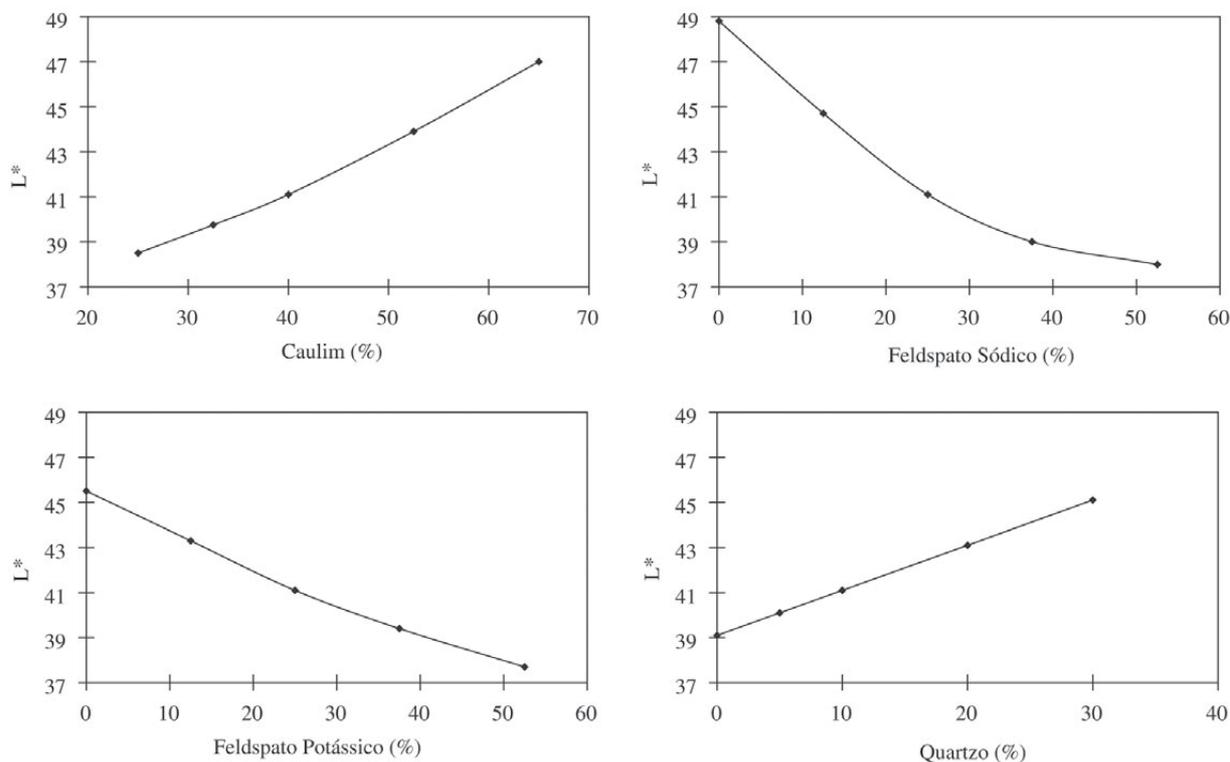


Figura 13. Variação da coordenada cromática L^* de revestimentos porcelânicos pretos com a proporção das matérias-primas das composições iniciais: a) caulim; b) feldspato sódico; c) feldspato potássico; d) quartzo.

É possível observar que o caulim, por favorecer a formação de mulita, e o quartzo, dada a sua escassa solubilidade na fusão, reduz a intensidade do aumento da cor (aumenta a coordenada L^*), como resultado do efeito opacificante (brancura) descrito na seção anterior. Em contraste, ao aumentar o teor de feldspato, a liberação de corante aumenta notavelmente (L^* diminui). Não apareceram diferenças notáveis em relação à natureza do feldspato (sódico ou potássico), provavelmente porque as peças foram queimadas em temperatura máxima de vitrificação, o que envolve o uso de diferentes temperaturas para cada caso, mas impossibilita a produção da mesma viscosidade no vidro desenvolvido durante a sinterização. Resultados similares foram encontrados com os outros dois pigmentos (azul e vermelho).

5. Problemas Associados ao Processo de Fabricação

5.1. Ausência de Compressibilidade do Pó

O pó de prensagem utilizado na manufatura de revestimento porcelânico geralmente exibe baixa compressibilidade, porque para fazer um produto com porosidade mínima e desenvolvimento da cor apropriado, é necessário utilizar composições com alta proporção de feldspato.

Em outras palavras, é necessário minimizar o teor de argila, uma vez que essa matéria-prima é, frequentemente, a principal fornecedora de impurezas para a composição.

A moagem intensa da composição para produzir uma microestrutura apropriada no revestimento verde confere uma distribuição de partículas de tamanho estreito (PSD), o que não é muito adequado para o empacotamento (seção 4.2.1).

A Fig. 14 representa graficamente a densidade a seco usando composições de revestimento porcelânico com diferentes quantidades de argila praticamente sem quartzo. A figura apresenta uma visualização ideal do empacotamento com três teores de argila diferentes (as esferas pequenas e grandes respectivamente simbolizam partículas de argila e não-plásticas). É possível observar que a capacidade de compactação alcança o seu pico com a proporção de argila de aproximadamente 33% por peso. Com esse valor máximo, o teor de partículas de argila é suficiente para ocupar a maior parte das lacunas deixadas pelas partículas não-plásticas. Teores maiores de argila resultam em uma expansão da estrutura, como mostrado no esquema. Esses resultados são consistentes com aqueles encontrados na literatura relativos a misturas binárias de partículas esféricas^{19,30}, na qual a densidade máxima de empacotamento é geralmente encontrada com a razão

volumétrica entre partículas grandes/pequenas de 35/65. As composições de revestimento porcelânico normalmente encontram-se abaixo disso.

Por outro lado, a moagem intensa da composição também diminui a compressibilidade do pó. A razão para esse comportamento é o estreitamento da distribuição de tamanho das partículas que ocorre com o aumento do tempo de moagem (redução do teor de resíduo). Em um moinho de bolas, o estreitamento do PSD significa principalmente a diminuição do tamanho das partículas menores ($> 30\text{-}40\ \mu\text{m}$), principalmente envolvendo as não-plásticas, já que as partículas de argila raramente sofrem a ação da moagem. Recentemente, Sánchez *et al.*³⁰ demonstra-

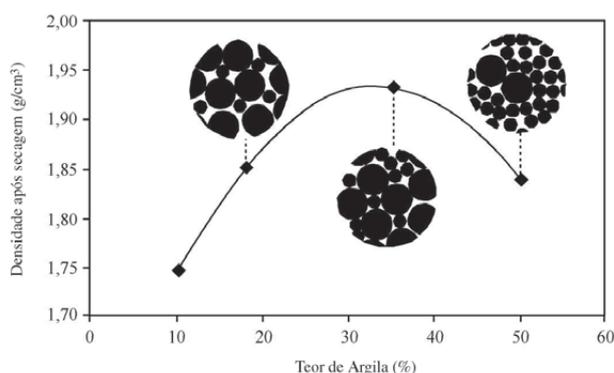


Figura 14. Variação da densidade após secagem das composições de revestimento porcelânico com diferentes teores de argila (incluindo também o modelo de empacotamento ideal de esferas bimodais)

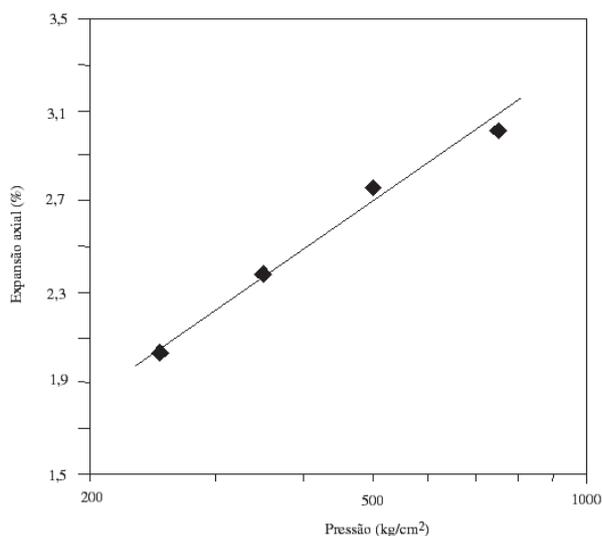


Figura 15. Variação da expansão axial de revestimentos recém prensados com a pressão de prensagem.

ram esse efeito por meio do estudo do empacotamento de misturas binárias de argila e feldspato. De acordo com esses autores, a redução do tamanho das partículas de feldspato (moagem mais intensa) diminui o tamanho dos espaços vazios (poros) disponíveis para acomodar as menores partículas dos argilominerais, fazendo com que o volume total do corpo se expanda e a compactação diminua. Há uma quantidade mínima de não-plásticos, abaixo da qual a compactação é desfavoravelmente afetada (por volta de 1:10).

Finalmente, o aumento na pressão demandada para contrapor uma compressibilidade inadequada do pó, que se dá em decorrência das razões já mencionadas, pode causar problemas durante a produção, uma vez que esse aumento na pressão acarreta necessariamente em um aumento da resposta elástica (expansão axial) do revestimento depois da prensagem (Fig. 15). De acordo com alguns autores, o aumento na expansão axial aumenta o risco de ocorrerem laminações e esfoliações durante a prensagem, fazendo com que o ciclo de prensagem seja diminuído por demandar maior tempo para a desaeração da peça^{31,32}.

5.2. Segregação e Separação

Com o aumento da fluidez do pó, a tendência de segregação também aumenta. Se os aglomerados forem do mesmo tamanho, com as outras características iguais, não há possibilidade de segregação. No entanto, pequenas variações de tamanho entre os aglomerados em um pó com alta fluidez podem causar segregação. Realmente, como a Fig. 16 mostra, a segregação de um pó atomizado pode iniciar a razão de tamanho tão pequenas quanto 1:1, aumentando exponencialmente com grandes diferenças de tamanho.

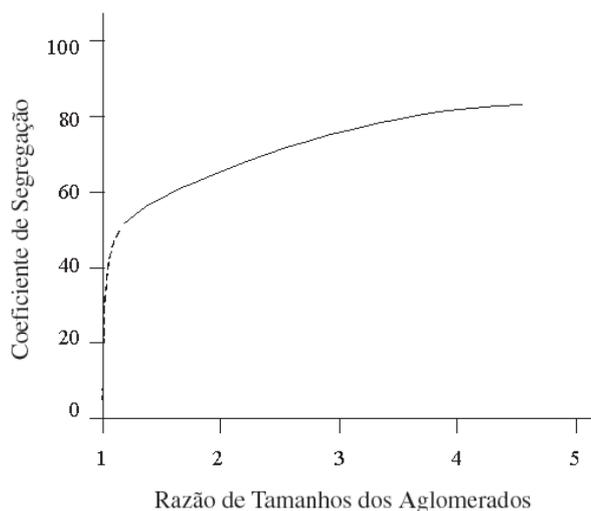


Figura 16. Variação do coeficiente de segregação com a razão do tamanho do aglomerado.

Essas diferenças de tamanho sempre existem nos processos de manufatura e são especialmente evidentes quando há mistura de pós coloridos, produzindo, freqüentemente, mudanças de aparência (“sombrias”) no produto final. De fato, tem sido demonstrado que a segregação de aglomerados em uma mistura de pós coloridos pode acabar produzindo a mesma mudança de aparência no revestimento final, que aquela produzida como resultado de um erro de proporção de um dos ingredientes³³.

A segregação gera a separação do pó. Por essa razão, pós com alta fluidez misturam-se e separam-se com grande facilidade. Portanto, a única forma de evitar a separação (segregação) do pó atomizado nos quais existem diferenças de tamanhos entre os aglomerados é minimizando a movimentação do pó. Algumas ações possíveis que podem acontecer durante processo de produção visando a redução do problema de segregação são:

- Reduzir, o quanto possível, o armazenamento intermediário do pó atomizado, em particular, de misturas de pós coloridos. A queda do pó durante o armazenamento é um processo altamente segregativo (Fig. 17).
- O design apropriado de silos e hoppers³⁴. Isso envolve o uso de sistemas de alimentação adaptado com divisores de fluxo e a utilização de ângulos de descarga que favorecem o fluxo em massa durante a des-

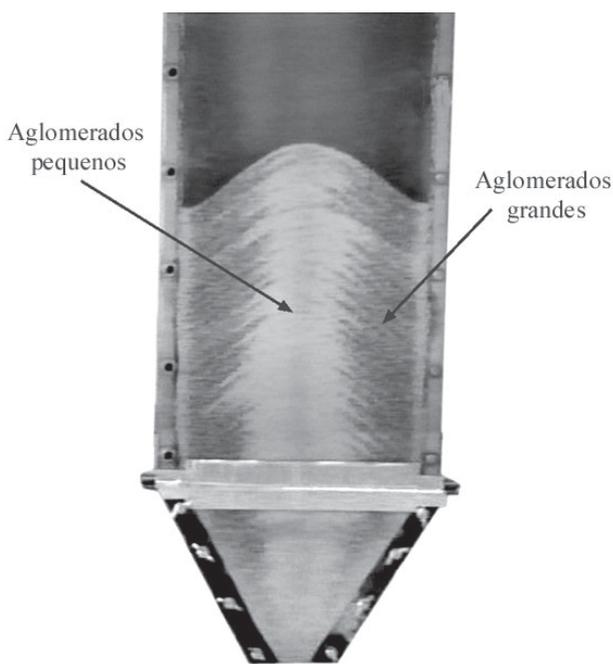


Figura 17. Segregação durante o preenchimento do silo com pó atomizado de duas cores: aglomerados pretos (grandes) e aglomerados brancos (pequenos).

carga do silo ao invés do fluxo em funil. A fluidez em massa (Fig. 18a) assegura a descarga homogênea, diferentemente da fluidez em funil (Fig. 18b) na qual a parte central do silo, mais rica em pequenos aglomerados, esvazia-se primeiro, seguido pelas partes próximas às paredes, as quais contêm uma grande proporção de aglomerados grandes.

Uma proposta compatível com as considerações expostas seria utilizar um sistema de hoppers móveis teleguiados (um design apropriado é fornecido). Com a redução do manejo do pó, o volume a ser atomizado de uma determinada cor é menor e a preparação praticamente coincide com a alimentação da prensa (quase não há armazenamento intermediário).

5.3. Dificuldades Relacionadas ao Polimento

O polimento de revestimento porcelânico é um processo caro que envolve o consumo significativo de matérias-primas e de energia. A dificuldade de polimento do revestimento porcelânico tem uma origem dupla. Por um lado, o revestimento porcelânico é um produto muito duro, que demanda a utilização de abrasivos convencionais muito fortes, como carbeto de silício, ou mesmo super abrasivos, como o diamante. A Fig. 19 mostra a posição do revestimento porcelânico em um diagrama que tenta simbolizar a dificuldade de polimento. O diagrama representa, de forma qualitativa, a dureza e a tenacidade de diferentes materiais, incluindo o revestimento porcelânico. A dificuldade de polimento aumenta de acordo com a diagonal de dois eixos cartesianos, isto é, com o aumento da dureza e da rigidez do material a ser polido. Pode ser observado que o revestimento porcelânico é um material difícil de trabalhar na máquina.

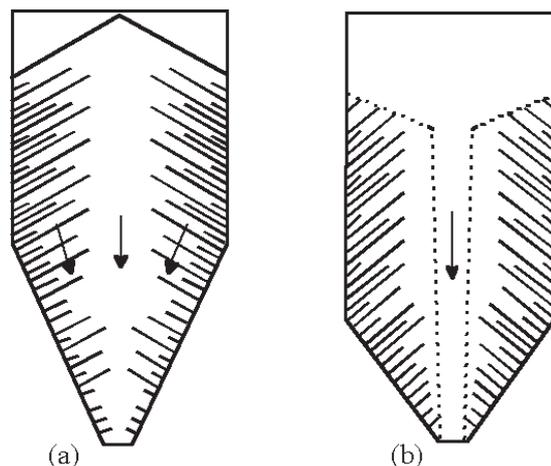


Figura 18. Esquema da descarga do silo: a) por fluxo em massa; b) por fluxo em funil.

Por outro lado, depois da queima o produto não é plano, mas apresenta vários tipos de curvatura, o que impede enormemente a ação de ferramentas de polimento. Para facilitar essa ação, é necessário reduzir a curvatura do revestimento, utilizando ferramentas de diamante que removem uma grande quantidade de material, com alto consumo de energia, além de também produzir considerável deterioração da superfície do revestimento (Fig. 20). Essas deteriorações condicionam enormemente o resto da operação de polimento, uma vez que o dano sofrido precisa ser reparado por sucessivas ferramentas que contêm, progressivamente, facas abrasivas de pequeno tamanho (carbeto de silício). Como a Fig. 21 mostra, aproximadamente 70% da série de polimento industrial é utilizada para reparar danos causados pela etapa inicial de nivelamento, no qual ocorre considerável remoção de material. Depois

desta etapa, o brilho aumenta rapidamente, tendendo finalmente a um valor mais ou menos estável, o qual, como descrito na literatura^{36,37}, está relacionado à porosidade do revestimento.

A utilização de ferramentas que deterioram a superfície do revestimento na etapa de nivelamento, e ferramentas de diamante que aumentam a eficiência da etapa real de polimento são duas propostas já em um estado avançado de desenvolvimento, o qual vai resultar em uma melhora no avanço da eficiência da operação, reduzindo sua demanda ecológica (consumo de matéria-prima e energia) e seu impacto ambiental.

6. Revestimento Porcelânico e Rocha Natural: dois lados da mesma moeda

O último fórum de discussão sobre o futuro do revestimento porcelânico [1, 38] sugere que o futuro imediato do produto está firmemente associado à reprodução, não somente de pedras polidas decorativas típicas, como o granito e o mármore, mas também de pedras sem polimento, como o arenito, a ardósia, etc. Isso foi demonstrado na última feira de comércio de revestimento cerâmico, a qual parece-se mais com uma exibição de pedras naturais do que com um evento de cerâmica. Algumas companhias estão fazendo dessa tendência uma política de mercado, omitindo a palavra “cerâmica” e todos os termos relacionados de suas propagandas. Essa tendência é baseada na possibilidade de reprodução de um material natural, além da melhoria da performance (por meio da redução da porosidade e da melhoria da resistência mecânica, da resistência ao manchamento e ao congelamento) a um preço altamente competitivo, ou ganhando crescimento no mercado por meio da reprodução de materiais naturais que estão esgotando-se. O campo é simplesmente enorme, uma vez que mais de 5000 tipos de pedras naturais comerciais são encontrados em todo o mundo, com inúmeras pedras não encontradas nos catálogos de venda.

De um ponto de vista científico, a classificação de pedras naturais abrange todo o âmbito dos antecedentes cau-

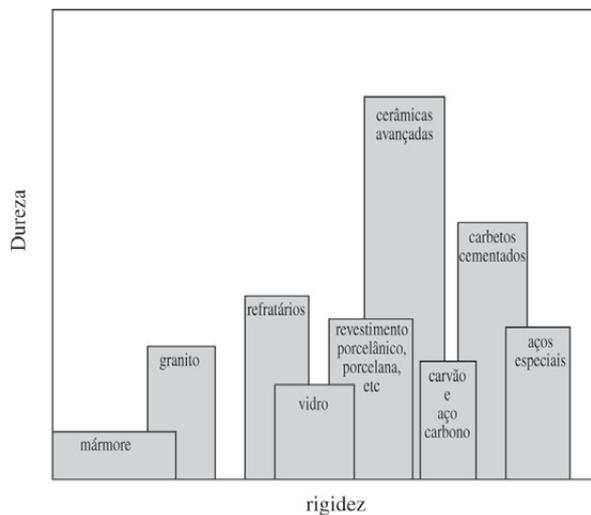


Figura 19. Diagrama da facilidade de polimento (dureza vs rigidez). A dificuldade de polimento aumenta de acordo com a diagonal de eixos coordenados (Fonte: ref. 35)

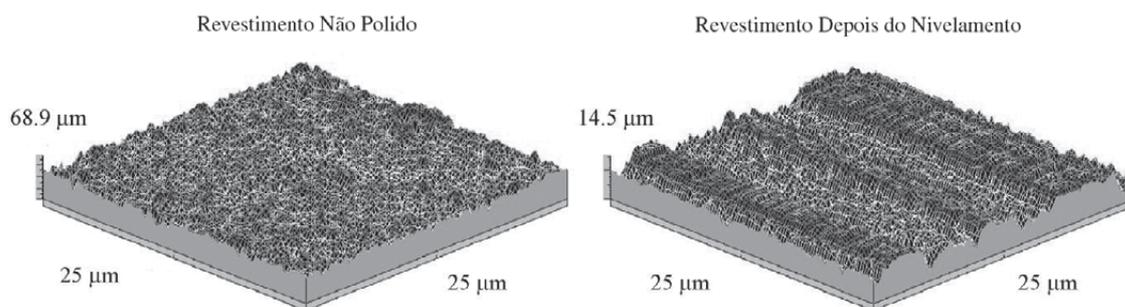


Figura 20. Aparência do revestimento cerâmico depois da etapa de nivelamento (comparação com a superfície original).

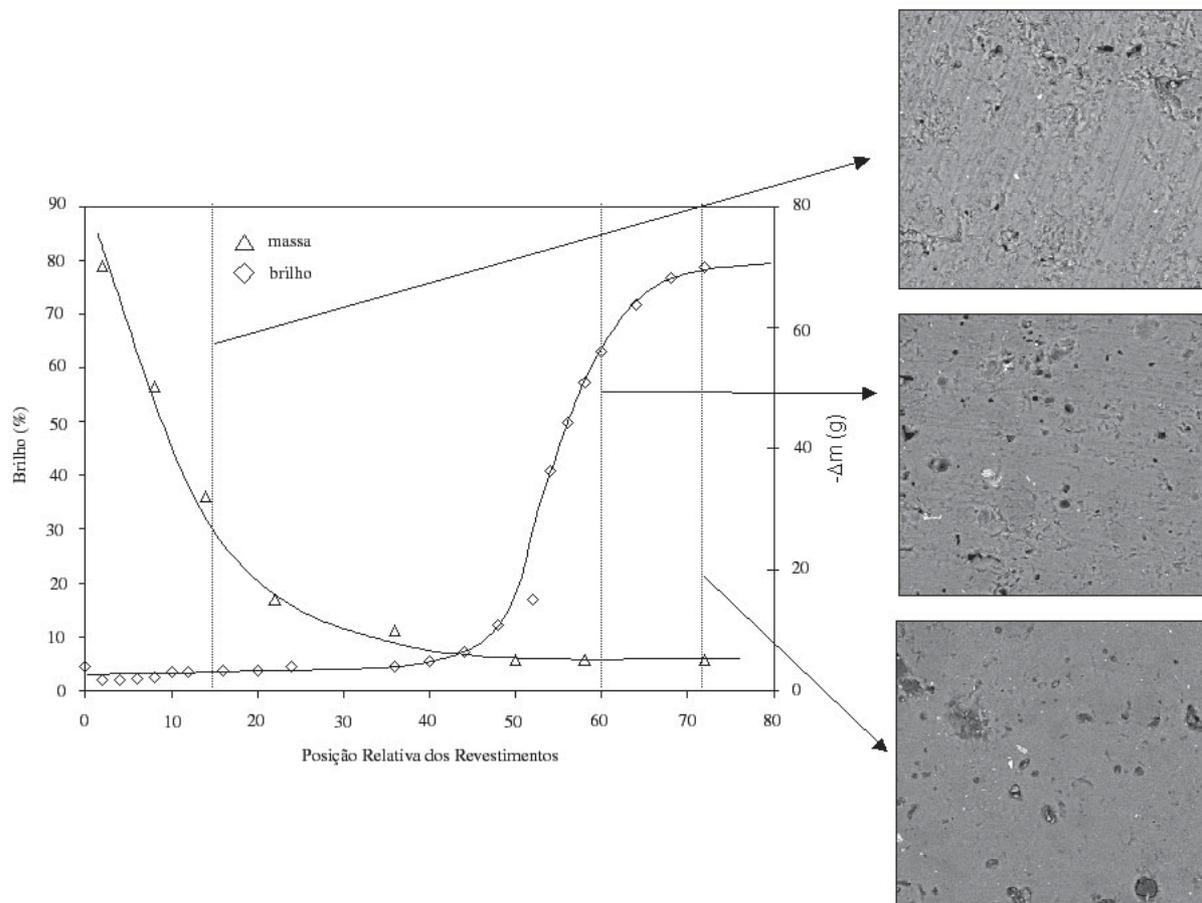


Figura 21. Variação da perda de material e do brilho na superfície durante o polimento do revestimento porcelânico.

sais das pedras, desde aquelas de origem ígnea, como o granito, até aquelas de origem puramente sedimentária, como o calcário, por meio do metamorfismo típico de ardósias³⁹, etc. A Fig. 22 apresenta uma visão extremamente simplificada da gênese causal de pedras naturais, comparadas com o processo de produção de revestimento porcelânico. Pode-se observar que ambos os materiais apresentam grandes similaridades. No entanto, há também aspectos diferenciadores: a escala de tempo e a aplicação simultânea de pressão e temperatura durante a gênese das rochas. Essa diferenciação faz da reprodução em escala industrial do efeito adquirido pela natureza durante milhões de anos, usando diferentes condições de síntese, extremamente difícil. Assim, por exemplo, o tamanho de um cristal em um granito produzido por meio de resfriamento de magma geralmente excede os 5 mm, ou pode alcançar até 1 cm. Por outro lado, a aplicação de alta pressão (até 700 MPa) e temperaturas (até 1000 °C), durante tempos geológicos, favorece a produção de espécimes mineralógicos ou modificações na rede cristalina, o que é

impensável nas condições atuais de manufatura industrial.

Essa tendência, que visa cada vez mais a melhor reprodução de pedras naturais, requer o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa em revestimento porcelânico, as quais até agora têm sido focadas cada vez mais na performance do produto. Essa nova força delineadora poderia ser definida como engenharia estética de revestimentos porcelânicos, e deveria levar em conta ações no design do produto e na tecnologia de manufatura.

6.1. Novas Linhas de P + D + I na Engenharia de Materiais

Para projetar materiais para a utilização na produção de revestimentos porcelânicos, deveriam ser estabelecidas algumas linhas de pesquisa futuras:

- Redescoberta dos diagramas de fase. Os diagramas de fases foram abandonados pelo design de composições de revestimento porcelânico desde quando o design passou a ser inteiramente baseado na composição da porcelana, com modificações mínimas. Essa

ferramenta permite análises mais racionais dos rumos da fusão e cristalização das composições iniciais, a fim de projetar novos materiais vítreo-cerâmicos ou prever soluções para fenômenos sólidos ou se-

paração de fases, o que favorece a aquisição de certos efeitos estéticos. A esse respeito, é conveniente notar que as possibilidades de emprego de materiais vítreo-cerâmicos são maiores no caso de revestimento

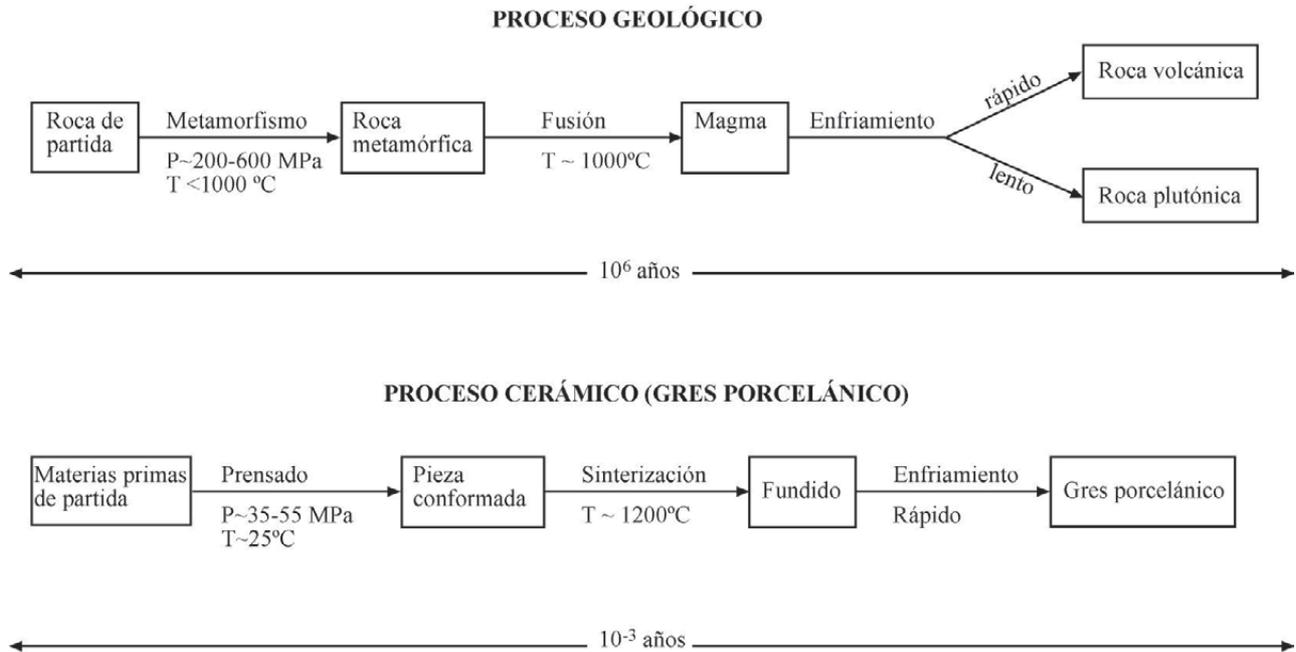


Figura 22. Comparação entre a gênese de rochas naturais e o processo de manufatura de revestimento porcelânico.

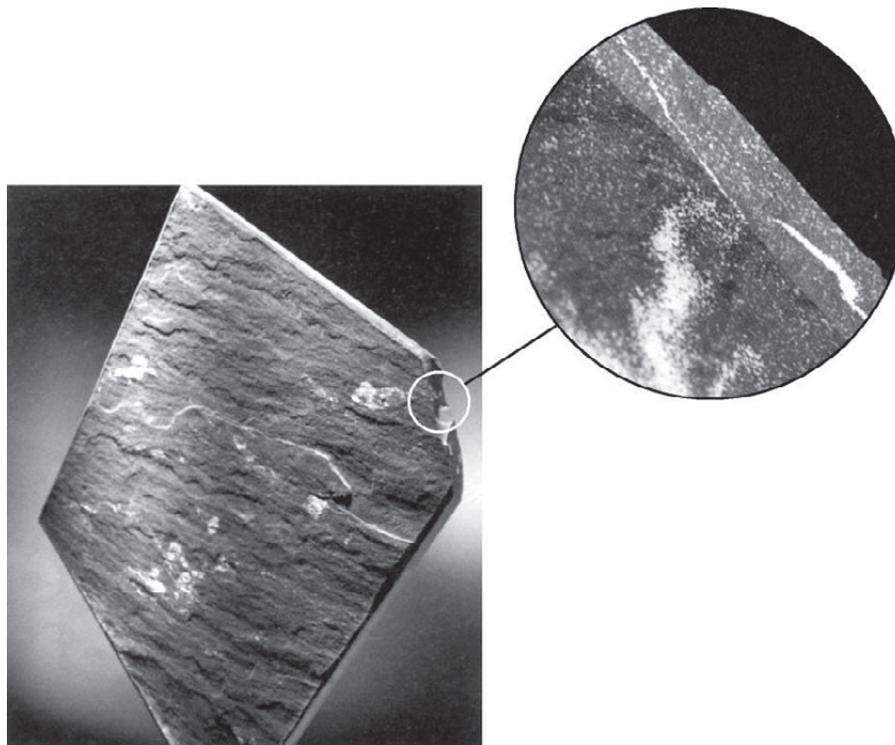


Figura 23.

porcelânico, se comparado com o revestimento do esmalte, uma vez que a temperatura de queima é mais alta e o acabamento brilhante é geralmente produzido por meio de procedimentos mecânicos, como o polimento.

- Aplicações granulares e microgranulares que encorajam a imitação do crescimento cristalino, coloração, separação de fases e outros fenômenos que ocorrem durante o resfriamento do magma na gênese da rocha natural. Essa linha de ação deveria também ser considerada em relação ao projeto de materiais de natureza essencialmente vítrea, a qual imita a transparência de cristais únicos ou grandes agregações cristalinas.
- Desenvolvimento de composições com grau muito alto de brancura e desenvolvimento ideal de cor.
- Projeto de materiais para aplicação por meio de técnicas de decoração sem contato, como o laser⁴⁰, impressão a jato de tinta⁴¹, etc. Alguns desses materiais poderiam incluir suspensões de nanopartículas, géis, composições com polímeros, cerâmicos, etc.
- Desenvolvimento de materiais cerâmicos com partículas bem pequenas e alta fluidez para aplicação a seco. Isso requer a exploração de novas técnicas de fluidificação de pós, como aquelas baseadas no encapsulamento de partículas e microencapsulamento⁴².

6.2. Novas linhas de P + D + I na Tecnologia de Manufatura

As novas tendências em engenharia estética indicadas acima irão também demandar a implementação de novas tecnologias de manufatura, as quais precisarão de suporte de extensivo trabalho P + D + I.

No momento, a transferência gradual da linha de decoração a partir de sua localização tradicional depois da secagem, para o setor de prensagem, já é uma realidade⁴³. A força delineadora atrás desta mudança é a já mencionada reprodução dos efeitos de pedras naturais, muitas das quais perdem sua intensidade e eficiência quando se tenta reproduzi-las numa linha de esmaltação tradicional. O revestimento mostrado na Fig. 23 exemplifica isso. Pode-se observar que a profundidade do veio ou da decoração baixo relevo seria impossível de adquirir por meio das abordagens atuais de esmaltação e decoração (silk-screen, rotogravura, etc).

Algumas das linhas futuras P + D + I relacionadas à tecnologia de manufatura de revestimentos porcelânicos, com foco nas tendências mencionadas acima, poderiam ser:

- Decoração do revestimento na prensagem⁴³. O curso dessa ação já está em uma fase de desenvolvimento, como indicado, e uma evolução crescente é esperada para o futuro, por meio da incorporação de novos

sistemas de decoração na prensa. Dos últimos sistemas (impressão de pós, sistemas de pré-carregamento, múltiplos carregamentos, remoção de material por meio de pressão pneumática, etc), talvez a técnica de dupla-prensagem seja aquela que ofereça os maiores desafios tecnológicos. Todos esses sistemas, assim como suas combinações e as novas propostas que surgem, irão demandar consideráveis esforços de pesquisa para melhorar um sistema de prensagem cada vez mais complicado e exigente.

- Técnicas de decoração sem contato. A decoração baixo relevo poderia ser a chave para a incorporação de uma infinidade de técnicas de decoração que demandam a ausência de contato com o substrato a ser decorado, como:
- Decoração a laser. A tecnologia a laser, que tem se desenvolvido bastante nos últimos anos⁴⁰, poderia encontrar um importante campo de aplicação no revestimento porcelânico, como na produção de relevos, mudanças de texturas (efeitos fosco-vítreos), decoração baseada em relevo e baixo-relevo, corte de revestimentos, sinterização, polimento, etc.
- Impressão a jato de tinta. A impressão a jato de tinta tem se desenvolvido recentemente⁴⁵ e já se encontra na fase de implementação industrial. Essa tecnologia tem demandado e irá futuramente demandar ainda mais adaptações dos sólidos utilizados na formulação da tinta, levando em consideração a emergência de tecnologias de síntese de nanopartículas. No entanto, outros sistemas de decoração a jato de tinta existem, e poderiam ser incorporados em um futuro próximo, como aqueles baseados na aplicação de um ligante numa cama de partículas, ou por meio de injeção de um agente formador de gel na camada de suspensão⁴¹.
- Polimento mecanoquímico, vastamente utilizado em outros setores industriais, poderia oferecer um avanço importante do acabamento de superfícies de revestimentos polidos⁴⁶.
- Novos métodos de formação de revestimento:
- Prensagem a quente. Com o avanço da linha de decoração em direção à prensa, poderíamos não somente decorar mas também queimar, isto é, aplicar calor na própria prensa, como acontece na metamorfose das rochas. Com essa técnica, efeitos estéticos poderiam ser adquiridos, que com o processo tradicional (pressão a frio seguida de sinterização) são inimagináveis. Essa tecnologia é amplamente utilizada na produção de cerâmicas avançadas⁴⁷ e na sinterização de metais e vidros.
- Formação com base na fusão. Dada a característica vítro-cerâmica do produto, a possibilidade que poderia ser considerada é a de manufaturar revestimento porcelânico com a tecnologia empregada na produ-

ção de materiais vítro-cerâmicos: formação na fusão, com lâminas, por exemplo, seguida do tratamento térmico para produzir fases cristalinas. Essa técnica poderia estender imensamente os sistemas vítro-cerâmicos que poderiam ser usados.

- Produção de lâminas. Uma inovação apresentada recentemente⁴⁸ em relação ao revestimento porcelânico é a produção de lâminas finas (até 3 mm) para serem comercializadas em um substrato que oferece uma certa rigidez. Os revestimentos porcelânicos (lâminas) são feitos por meio da pressão do pó entre duas lâminas em pressões muito altas. Essa inovação é direcionada a novas aplicações do revestimento porcelânico, diferentes das atuais, para a reposição de materiais como a madeira, o plástico ou o metal, uma vez que as possibilidades em relação ao tamanho dos revestimentos que podem ser manufaturados são praticamente ilimitadas. Seguindo com essa nova linha de desenvolvimento, outros métodos de formação de lâminas poderiam ser incorporados na tecnologia de produção de revestimento porcelânico,

como o “tape casting”, tipicamente utilizado na produção de cerâmicas eletrônicas⁴⁹. A vantagem desta última técnica é que a lâmina é obtida diretamente da suspensão, sem necessidade de atomização prévia.

Agradecimentos

O artigo buscou expor parte da experiência acumulada nos últimos anos pela equipe do ITC no campo do revestimento porcelânico. Gostaria, desta forma, de expressar minha gratidão por todas as pessoas do ITC que participaram direta ou indiretamente desses estudos, assim como pelas companhias e organizações nacionais e regionais que forneceram o apoio econômico que tornaram a pesquisa possível.

Gostaria também de agradecer as pessoas que, com seus comentários, discussões e sugestões, facilitaram a preparação deste artigo: Javier García-Ten (ITC), Arnold Van Gelder (ITC), Jose Luis Porcar (IPC), Jaime Sánchez (Tau Cerámica), Vicente Beltrán (ITACA), Manuel Lombardero (ITGE) e Manuel Regueiro (ITGE).