

Método Utilizado em Pesquisas a Nível Industrial para o Estudo de Defeitos em Revestimentos Cerâmicos

Josué Alberton^{a,*}, Wenceslau Fernandes das Neves^{a,b}

^a*Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – PGMAT,
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC,
CP 476, 88040-900 Florianópolis - SC, Brasil*

^b*Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A., Unidade Industrial 2, Incocesa,
Rua São João, 2050, Bairro São João, 88708-001 Tubarão - SC, Brasil*

**e-mail: josue.alberton@terra.com.br*

Resumo: O desenvolvimento de métodos para o estudo de defeitos nos materiais cerâmicos produzidos em escala industrial apresenta objetivos semelhantes às técnicas comumente aplicadas nas pesquisas. Ao apresentar um método utilizado em pesquisas para o estudo de defeitos em revestimentos cerâmicos é importante conhecer o processo para definir hipóteses, planejamentos, causas e soluções. A pesquisa “Estudo do Defeito Rebaixo na Superfície de Revestimentos Cerâmicos Produzidos pelo Processo de Biqueima”, serviu como fonte de auxílio para descrever o método aplicado em estudos de casos de defeitos. O procedimento consistiu na análise do defeito na peça cerâmica e através do diagrama de causa e efeito, definiu-se qual o principal problema a ser pesquisado. No planejamento, os defeitos foram classificados pela origem no processo produtivo. Finalizadas as análises experimentais, as causas do defeito começam a aparecer e dessa maneira, indicadas soluções tecnológicas para o processo produtivo.

Palavras-chave: *escala industrial, estudo de defeitos, método.*

1. Introdução

A necessidade de encontrar soluções aos defeitos identificados nos revestimentos cerâmicos, incentiva o desenvolvimento de pesquisas que apresentem resultados significativos ao problema. Nesse contexto, ao investigar a origem dos defeitos que afetam as características dos produtos é fundamental seguir métodos que resolvam o problema de forma simples e econômica.

No estudo de irregularidades observadas nos materiais cerâmicos, conhecer algumas variáveis como matérias-primas e equipamentos, facilita o desenvolvimento da pesquisa. As etapas da construção de uma metodologia¹ compreendem basicamente o estabelecimento de hipóteses, o planejamento da pesquisa, a determinação das causas e a proposta de soluções ao defeito.

A pesquisa, “Estudo do Defeito Rebaixo na Superfície de Revestimentos Cerâmicos Produzidos pelo Processo de Biqueima”, com especial contribuição na realização deste trabalho, descreve um estudo de caso onde o defeito encontrado nos materiais cerâmicos é classificado de acordo com suas características, submetido a experimentos e avaliado conforme os resultados obtidos.

Existem várias formas de organizar estudos de casos de defeitos realizados em escala industrial. O presente trabalho tem como objetivo apresentar um método utilizado em pesquisas para o estudo de defeitos em revestimentos cerâmicos.

2. Pesquisa e Metodologia do Estudo de Defeitos

Segundo alguns autores, as pesquisas fornecem as respostas para questões propostas utilizando-se métodos científicos. A investigação de um problema deve ser iniciada por uma teoria. Essa teoria baseia-se em resultados comprovados através de pesquisas realizadas².

Ao estudar defeitos na produção de revestimentos cerâmicos é indispensável um esquema de trabalho para analisar os dados e disponibilizá-los ordenadamente. Deve-se levar em consideração,

que um defeito desconhecido no produto, aponte pouca informação. Essa primeira etapa é definida no estabelecimento de hipóteses sobre as possíveis causas do defeito, pois, algumas vezes, o mesmo defeito pode ser produzido por fatores diferentes.

O segundo passo consiste no planejamento de acordo com informações pesquisadas e hipóteses sobre as possíveis causas do defeito, que são reduzidas à medida que os ensaios pertinentes forem realizados. Nos casos que existe a possibilidade, utilizam-se procedimentos indutivos para reproduzir o defeito em escala laboratorial ou através de testes industriais.

Finalizados os experimentos, a terceira fase da pesquisa consiste em determinar as causas que originam o defeito. As soluções do problema serão confirmadas na produção e o defeito eliminado sem causar danos aos demais parâmetros do processo e características do produto. Se a solução proposta for negativa, as hipóteses do planejamento inicial serão reconsideradas. Caso afirmativo, a solução precisa ser válida com o decorrer do tempo¹.

3. Procedimento

O método para o estudo de defeitos em revestimentos cerâmicos foi iniciado através da identificação do defeito na unidade industrial e desenvolvido de acordo com a sequência conforme mostra a Figura 1. Cada etapa apresenta os respectivos pontos da pesquisa que devem ser considerados na execução de um estudo de caso de defeitos.

3.1. Identificação do defeito na unidade industrial

Na realização da pesquisa³, o defeito foi classificado em função do aspecto físico (ondulações com caráter côncavo); gravidade (geralmente identificado na etapa final de produção ou após o assentamento em paredes); região da peça afetada (superfície do revestimento cerâmico, centro das peças); etapas do processo de produção que

influenciam no surgimento do defeito (identificados quais os pontos críticos deveriam ser analisados).

3.2. Conhecer o processo de produção

De acordo com estudos realizados¹, o processo de produção utiliza matérias-primas naturais para obter o produto acabado. Uma das principais impurezas encontradas é a matéria orgânica, que provoca no processo de biqueima, o típico defeito conhecido como “mancha central”. Alguns defeitos do processo de prensagem estão relacionados com a falta de estabilidade dimensional e de uniformidade na compactação pontual das diferentes regiões da peça crua. Uma das reações mais afetadas pela presença excessiva de umidade residual nas peças é a de combustão total da matéria orgânica, devido

a difusão do $O_{2(g)}$ até a superfície de reação química e do transporte dos produtos ($CO_{(g)}$, $CO_{2(g)}$). Caso o material destinado à queima encontra-se empilhado, aumenta a dificuldade de circulação do ar entre as peças, favorecendo o surgimento da “mancha central”, que afeta a capacidade de absorção do material cerâmico. A diferente capacidade de absorção da água presente na composição do esmalte, faz com que, apareçam diferenças de cor ou de aspectos na região central do produto acabado. Os defeitos do esmalte podem ser do seu desenvolvimento ou em alguns casos, aparecem após certo tempo de aplicação nas peças, devido a interação com o suporte. Durante a esmaltação, é preciso controlar as características do suporte a esmaltar e da camada formada, que dependem das técnicas utilizadas. Na segunda queima, o intervalo do ciclo indicado para que as reações ocorram se desenvolvem a temperaturas inferiores às do rebalanceamento do esmalte.

Além de consultar os estudos já realizados foi necessário conhecer o processo de produção através de reuniões com o grupo de pessoas envolvidas, onde foram identificados os pontos críticos no estudo do defeito e as possíveis oportunidades de melhoria. As propostas apresentadas na reunião técnica geraram informações que foram organizadas numa tabela conforme a metodologia 5W1H⁴.

3.3. Definição das hipóteses

O procedimento consistiu em uma análise do defeito na peça cerâmica, ainda pouco conhecido na unidade industrial. Através do instrumento de planejamento da qualidade, o diagrama de causa e efeito^{4,5}, definiu-se qual o principal problema a ser investigado e suas principais causas. Com base na literatura e num *brainstorming* feito pelas pessoas envolvidas no processo, foi elaborado um diagrama de causa e efeito, como mostra a Figura 2.

3.4. Planejamento da pesquisa

No planejamento da pesquisa, os defeitos foram classificados pela origem no processo produtivo. Atendendo a esse critério, determinaram-se as etapas de produção e os principais parâmetros de controle do processo que influenciaram no surgimento do defeito:

- Controle de matérias-primas (material orgânico);
- Prensagem (pressão de compactação, densidade aparente);
- Secagem (umidade residual);
- Primeira queima (homogeneidade na porosidade das peças);
- Esmalte (propriedades físicas, tempo de secagem);

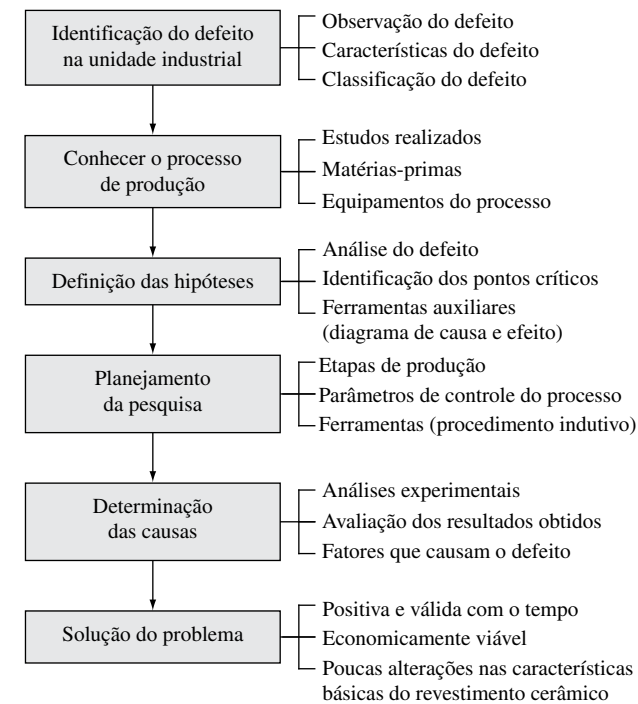


Figura 1. Método utilizado para o estudo de defeitos a nível industrial.

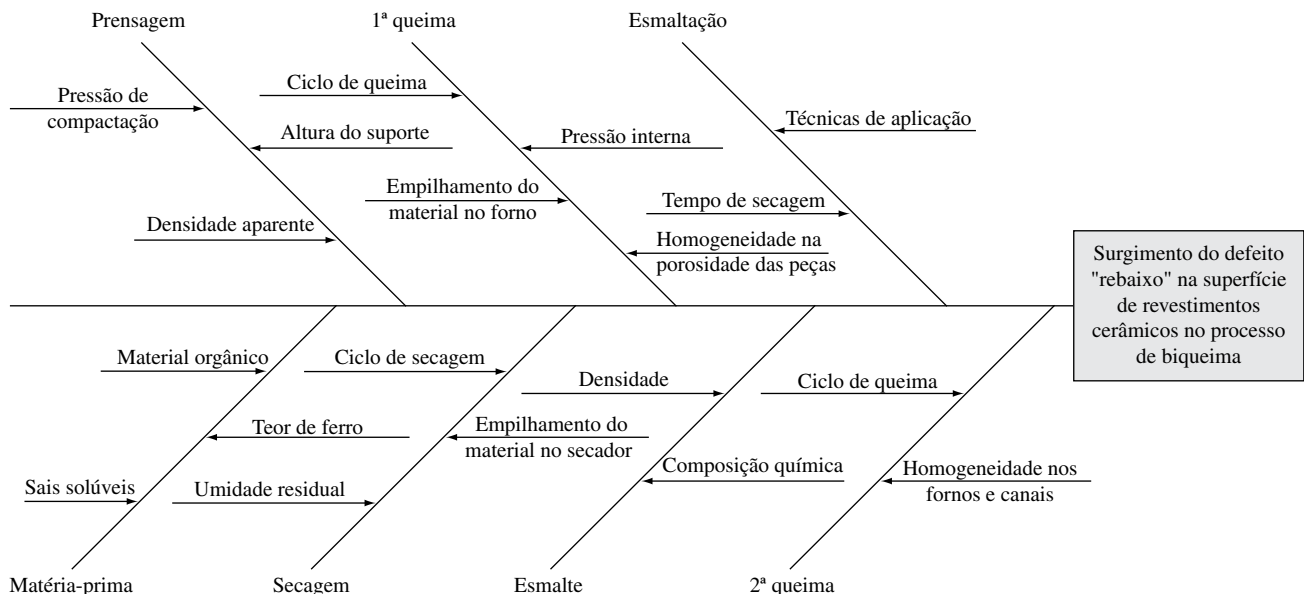


Figura 2. Diagrama de causa e efeito para o surgimento do defeito “rebaixo” no processo de biqueima em azulejos.

- Aplicação do esmalte (técnicas de aplicação); e
- Segunda queima (ciclo, homogeneidade de queima).

O procedimento indutivo parte do princípio que o problema ocorreu devido à determinada causa em uma etapa de produção, sendo utilizado como uma ferramenta auxiliar para provocar o defeito através de experimentos e posterior análise dos resultados. Na pesquisa³, o procedimento indutivo para reproduzir o defeito foi utilizado durante a maior parte dos experimentos.

3.5. Determinação das causas

Após o término das análises experimentais, as causas que originaram o defeito começam a aparecer e entre os principais parâmetros que influenciaram no surgimento do defeito foram apontados:

- Controle de matérias-primas (material orgânico);
- Prensagem (pressão de compactação, densidade aparente);
- Primeira queima (homogeneidade na porosidade das peças); e
- Esmalte (propriedades físicas, tempo de secagem).

3.6. Solução do problema

Dessa maneira, as soluções indicadas ao processo de produção foram utilizar matérias-primas com menor teor de material orgânico, compactar o material com pressão de conformação maior que 33,44 MPa, distribuir uniformemente o calor entre pilhas, peças e utilizar a densidade do esmalte o quanto mais alto possível. As soluções propostas para reduzir ou eliminar o defeito foram positivas e os resultados confirmados no processo de produção.

4. Discussão

A classificação de defeitos nas peças cerâmicas pode ser efetuada considerando qualquer aspecto indesejável presente no material. No caso investigado³, o defeito foi classificado pelo aspecto físico, gravidade, região da peça afetada e etapas do processo produtivo.

Os estudos realizados sobre defeitos na produção de revestimentos cerâmicos¹ apresentaram definições fundamentais ao desenvolvimento da pesquisa³. As matérias-primas, como são produtos naturais e não submetidas a tratamentos rigorosos que permitam a total purificação antes da utilização na massa cerâmica, apresentam impurezas como a matéria orgânica. A presença de matéria orgânica atua como agente limitador do processo devido ao aumento da plasticidade e conseqüente diminuição da porosidade na peça cerâmica. A compactação do material granulado deve ser homogênea em toda a região do material conformado. As possíveis diferenças de compactação existentes nas regiões da mesma peça podem ser corrigidas pelo aumento da pressão de conformação. Como já mencionado, a matéria orgânica é um agente limitante na produção. Caso a secagem do material for insuficiente, agrava ainda mais a situação, pois afeta diretamente a reação de combustão da matéria orgânica durante a queima. Isso indica que a nível de equipamento, o secador não apresentou bom rendimento. A queima do material cerâmico empilhado em carros do tipo vagoneta requerer alto controle para garantir homogeneidade na porosidade da peça pós-queima. Levando-se em consideração dificuldades como circulação do ar no interior do forno, superfície de reação química, transmissão de calor; alguns defeitos irreversíveis podem surgir durante a primeira queima e prejudicar as demais etapas do processo produtivo. O esmalte pode influenciar no surgimento de defeitos na superfície de revestimentos cerâmicos como também minimizar os danos provocados por deformidades relacionadas com as propriedades estruturais do corpo cerâmico. Situação análoga ocorre com as técnicas utilizadas na aplicação do esmalte. Ao tentar reduzir o defeito através da substituição de técnicas de aplicação tradicionais as características do produto são alteradas, tornando o processo inviável. Durante a segunda queima, o intervalo do ciclo e as temperaturas são inferiores a primeira queima

para evitar problemas provocados pela diferença de dilatação entre o esmalte e o corpo cerâmico. Posteriormente, o revestimento cerâmico é inspecionado pelo controle de qualidade e enviado ao consumidor, ou ainda, antes de chegar ao cliente, passa por outras queimas para efeitos decorativos.

O defeito identificado na produção das peças cerâmicas era desconhecido e não apresentava nenhum histórico detalhado na unidade industrial. A ferramenta utilizada na análise do problema foi o diagrama de causa e efeito. A construção do diagrama permitiu separar as causas que poderiam provocar o defeito por etapas de produção, identificando-se as diferentes variáveis em cada situação para determinar qual o principal problema a ser pesquisado. A possibilidade de estudar o defeito pelo apontamento de etapas do processo, projetado com o auxílio de profissionais com conhecimento técnico, facilitou a análise do defeito e demais fases da pesquisa³.

Após o desenvolvimento do diagrama de causa e efeito foi necessário planejar a pesquisa³ separando-se as variáveis que poderiam exercer influência direta no surgimento do defeito e as que deveriam ser eliminadas de modo a evitar erro experimental, tempo empregado e gastos além do planejado. Entre os parâmetros que influenciaram no surgimento do defeito foram apontados: o material orgânico; pressão de compactação e densidade aparente da peça; umidade residual; homogeneidade na porosidade das peças pós-queima; propriedades físicas, tempo de secagem e técnicas de aplicação do esmalte; ciclo e homogeneidade da segunda queima.

O procedimento indutivo pôde ser realizado pela facilidade de acesso ao complexo industrial e a testes de laboratório. Através de comparações entre a situação padrão do processo com os resultados obtidos nos procedimentos indutivos, pode-se observar que os testes realizados com caráter indutivo produziram o defeito parcialmente ou em alguns casos apresentaram as mesmas características do defeito em estudo³.

As principais causas que influenciaram no surgimento do defeito foram matérias-primas, compactação do material e circulação de ar no interior do forno. Conforme resultados concluídos na pesquisa³, os gradientes de porosidade, compactação e queima nas diferentes regiões da peça cerâmica exerceram influência direta no surgimento do defeito devido à secagem não uniforme do esmalte. Como o objetivo da pesquisa³ era avaliar a influência dos parâmetros do processo de produção no surgimento do defeito “rebaixo” na superfície de revestimentos cerâmicos, as soluções tecnológicas indicadas para reduzir ou eliminar o defeito foram positivas e os resultados conservados se existir controle adequado do processo.

5. Conclusão

Ao apresentar um método para o estudo de defeitos nos materiais cerâmicos produzidos em escala industrial é fundamental conhecer o processo de produção para estabelecer as hipóteses, planejar a pesquisa, determinar as causas e propor soluções ao problema.

Na definição das hipóteses, os dados iniciais devem ser obtidos por investigações minuciosas realizadas através de observações específicas nos produtos afetados. Os pontos críticos foram identificados utilizando-se o diagrama de causa e efeito, permitindo que os procedimentos fossem executados sistematicamente, diminuindo a possibilidade de existir resultados negativos.

O desenvolvimento de pesquisas depende do planejamento ideal nos quais os objetivos específicos são traçados para facilitar a execução do projeto. Como o planejamento é parte decisiva no estudo de um defeito, definem-se quais hipóteses propostas na etapa inicial devem ser eliminadas, dando ênfase as variáveis que exercem maior influência no surgimento do defeito.

A avaliação dos resultados obtidos com os experimentos indica os fatores que influenciam no surgimento do defeito. Os parâmetros do processo que causam o defeito são determinados e na etapa final

da pesquisa definidas as soluções aplicadas na resolução do problema proposto inicialmente.

Do ponto de vista econômico, o método utilizado para o estudo de defeitos em escala industrial apresentou regularidade no desenvolvimento do trabalho³, pois as soluções propostas não ocasionaram modificações gigantescas na estrutura produtiva da indústria cerâmica e nas propriedades dos azulejos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Cecrisa Revestimentos Cerâmicos S.A. e a Abracolor - Associação Brasileira dos Coloríficos pela contribuição na editoração das figuras coloridas do artigo publicado em Cerâmica Industrial, São Paulo/SP: v. 10, n. 2 MAR/ABR, p. 34 - 38, 2005.

Referências

1. Amorós, J. L. A. et al. **Defectos de Fabricación de Pavimentos y Revestimientos Cerámicos**. Valencia: Instituto de Tecnología Cerámica - AICE, 1985. p. 22-155.
2. Marconi, M. de A.; Lakatos, E. M. **Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostras e Técnicas de Pesquisas, Elaboração, Análise e Interpretação de Dados**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999. p. 17-19.
3. Alberton, J.; Neves, W. F. **Estudo do Defeito "Rebaixo" na Superfície de Revestimentos Cerâmicos Produzidos pelo Processo de Biqueima**. Cerâmica Industrial. São Paulo/SP: v. 10, n. 2 mar./abr., p. 34-38, 2005.
4. Campos, V. F. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 8. ed. Belo Horizonte: EDG, 1999. p. 17-19, 54.
5. Kume, H. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. São Paulo: Gente, 1993. p. 22-40.

cd-rom Cerâmica Industrial



Todos os artigos completos já publicados pela revista Cerâmica Industrial de 1996 a 2005. O cd-rom da revista possibilita uma fácil busca pelos artigos através de palavras-chaves, títulos e autores e possui um prático índice de autores.

de
R\$ ~~32,00~~
por apenas
R\$ **28,00**
+ frete

Adquira o seu através do site:

www.infocentral.com.br/loja/cerind