

# Metodologia de Resolução de Problemas de Defeitos em Revestimento Cerâmico: Um Estudo de Caso

**Agenor De Noni Junior, Dachamir Hotza e Daniel E. Garcia**

*Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos – EQA,*

*Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC - Cx.P. 476,*

*88040-900 Florianópolis - SC — e-mails: denoni@enq.ufsc.br*

**Resumo:** Na fabricação de revestimentos cerâmicos podem-se produzir peças com defeitos, muitos dos quais factíveis de serem reduzidos ou eliminados. A metodologia empregada consiste na observação da peça e coleta de dados; levantamento e comprovação de hipóteses; determinação de causas; ação corretiva e controle preventivo. No caso em questão, a imperfeição consiste numa cavidade na superfície vidrada de um piso de monoqueima com profundidade correspondente a espessura da camada vítrea. Apresenta-se permanentemente durante a produção, com picos de maior intensidade. É observado após a queima e afeta em média 7% da produção. Uma a quatro cavidades estão distribuídas aleatoriamente sobre a peça. Em geral, as peças com defeito, são classificadas em categorias inferiores. As análises químicas da massa (FRX) e na região do defeito (MEV/EDX), mostraram grande quantidade de cálcio. A análise térmica diferencial evidenciou uma região de decomposição de carbonatos. A saída de dióxido de carbono a uma temperatura maior que a temperatura de selagem origina a formação de cavidades de forma circular. A calcimetria indicou qual a matéria-prima com maior quantidade de carbonatos. Para a redução/eliminação do defeito, sugere-se a substituição da referida matéria-prima e/ou a reformulação da massa. Outra possibilidade é aumentar o intervalo de queima na região de decomposição do carbonato, antes da selagem do esmalte. Este intervalo pode ser compensado na zona de resfriamento, a fim de não diminuir a produção.

**Palavras-chaves:** *revestimentos cerâmicos, resolução de defeitos, contaminações*

## Introdução

O estudo de defeitos em revestimentos cerâmicos tem sido alvo de muitos trabalhos tanto na indústria quanto no meio acadêmico<sup>1-6</sup>. O emprego de uma metodologia de fácil aplicação é imprescindível para a identificação da origem dos defeitos com rapidez e exatidão. Dessa forma, os ajustes rotineiros, que amenizam em parte o problema mas podem aumentar o desgaste de equipamentos, dão lugar a ações realmente efetivas. Existe ainda a possibilidade de aumentar a produtividade à medida que se diminui a incidência dos defeitos.

O presente artigo mostra uma metodologia para estudo de defeitos, baseada na metodologia apresentada por Amorós *et. al.*<sup>1</sup>. São feitas análises aplicadas a um caso de defeito para determinação das possíveis causas. Sugestões para a solução do problema são, por fim, apresentadas.

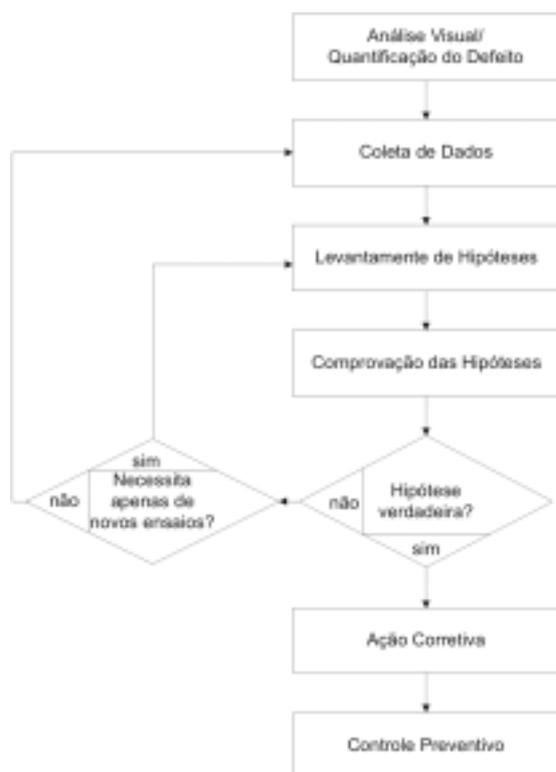
## Metodologia Aplicada ao Estudo de Caso

A metodologia empregada no estudo de defeitos parte da observação visual e coleta de dados. Dessa forma, pode-se fazer um levantamento das hipóteses mais prováveis e planejar ensaios que venham a confirmá-las. Determinada a causa do respectivo defeito, propõem-se algumas soluções e controles preventivos a serem feitos para eliminá-lo. Esta metodologia é geral e aplicável na grande maioria dos casos. Suas etapas estão descritas esquematicamente na Figura 1.

## Análise Visual/Quantificação do Defeito

Esta primeira etapa tem por objetivo classificar o defeito quanto a:

*Aspecto:* trincas, cavidades, variações dimensionais;



**Figura 1.** Metodologia de estudo de defeitos.

*Local de observação:* é etapa do processo produtivo onde se identifica o defeito;

*Frequência:* se permanente, periódico (neste caso, deve-se especificar o período) ou aleatório.

*Amplitude:* representa a quantidade percentual de material defeituoso (número de peças defeituosas/número de peças produzidas).

*Dimensão:* este parâmetro refere-se ao tamanho e à forma do defeito.

*Intensidade:* refere-se à quantidade de defeito por peça.

*Gravidade:* as peças defeituosas podem ser total ou parcialmente desclassificadas.

Neste caso em específico, o defeito consiste numa cavidade com profundidade correspondente à espessura da camada vítrea. É observado após a queima. Apresenta-se permanentemente durante a produção, com picos de maior intensidade. Afeta em média 7% da produção. As cavidades têm uma forma aproximadamente circular, numa vista superior, e tem um diâmetro na faixa de 0,5 a 1 mm. Uma a quatro cavidades estão distribuídas aleatoriamente sobre a peça. Em geral, as peças defeituosas são classificadas em categorias inferiores.

## Coleta de Dados

Na seqüência, procura-se relacionar informações sobre o histórico do defeito com os tipos de ajustes que já foram efetuados na linha de produção, com o objetivo de reduzir a sua amplitude.

**Tabela 1.** Análise química das massas por fluorescência de raios-x.

Componente	Massa Antiga	Massa Atual
SiO <sub>2</sub>	68,1	66,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,5	16,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,4	2,0
CaO	0,6	2,2
Outros	7,9	7,1
Perda ao Fogo	5,5	6,2

**Tabela 2.** Teor de carbonatos das matérias-primas, obtidos por calimetria.

Matéria-Prima	Carbonatos(%)
A	10,0
B	1,0
C	1,0
D	-
E	1,0
F	1,5

No caso em questão, o defeito começou a ser observado quando foi alterada a massa do suporte cerâmico utilizado em processo de monoqueima. A nova formulação é mais fundente e com maior densidade aparente a verde, após secagem. Para diminuir incidência do defeito, aumentou-se o tempo de queima e reduziu-se a pressão de compactação, diminuindo dessa forma a densidade aparente da peça.

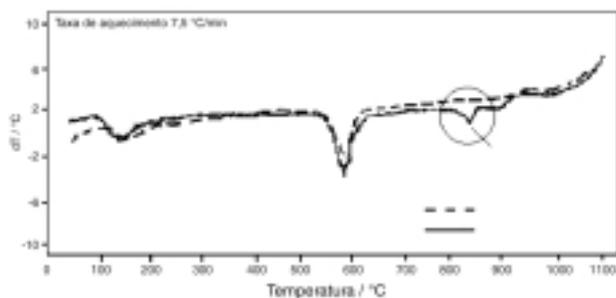
## Levantamento de Hipóteses

Após uma análise detalhada dos dados coletados, são levantadas as primeiras hipóteses a respeito da origem do defeito.

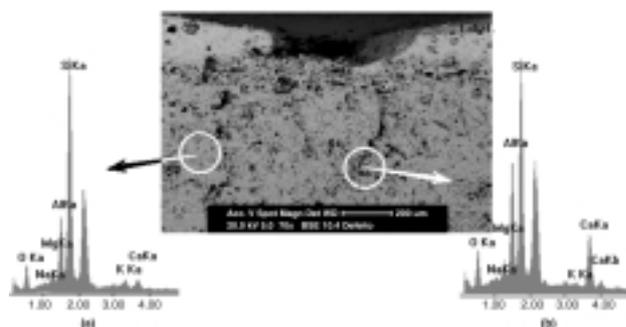
Supõe-se que a nova massa possui algum tipo de material ou contaminante que a antiga não continha. A presença de cavidades de forma circular indica que o defeito foi formado a uma temperatura maior que a temperatura de selagem do esmalte, provavelmente devido à liberação de gases. Através do aumento do tempo de queima e do aumento da permeabilidade da peça, é possível amenizar os efeitos da desgaseificação.

## Comprovação das Hipóteses

De acordo com as hipóteses levantadas e dos recursos disponíveis, procura-se realizar ensaios/análises a fim de comprová-las e/ou esclarecer informações conflitantes. Uma análise pontual do defeito por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) pode, por exemplo, fornecer informação muito importante sobre a origem do defeito.



**Figura 2.** Análise térmica diferencial comparativa entre a massa atual e a massa antiga.



**Figura 3.** Micrografia do defeito obtida por MEV e análises químicas pontuais obtidas por EDX: (a) matriz, (b) região do defeito.

Para comprovar a hipótese apresentada foram comparadas as análises químicas, Tabela 1, e as análises termodiferenciais (ATD) das diferentes formulações de massa, Figura 2. A análise da microestrutura foi feita utilizando-se Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Figura 3, associada a uma microanálise (EDX). Os resultados mostram uma maior concentração de cálcio, sobretudo na região de origem do defeito. A ATD mostra um pico endotérmico a 828 °C, o que indica que uma parte do cálcio está na forma de carbonato,  $\text{CaCO}_3$ .

Para determinar quais as matérias-primas que contêm  $\text{CaCO}_3$ , foi realizado a análise de calcimetria. Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que a matéria-prima A, que corresponde a 25% da massa de monoqueima, contém alto teor de carbonato na sua composição, quando comparada às demais.

### Ação Corretiva

Conhecida a origem do defeito, é possível intervir no processo de diversas formas. Deve-se optar pelas soluções que sejam economicamente mais viáveis, de acordo com a necessidade de cada planta industrial.

Um alongamento do ciclo de queima, no intervalo de decomposição do  $\text{CaCO}_3$  (800-850 °C) pode facilitar a saída de  $\text{CO}_2$  das peças a temperaturas menores que a de selagem do esmalte, sem causar, desta forma, maiores problemas.

No entanto, uma solução definitiva para o problema seria uma substituição da matéria-prima A, que corresponde a 1/4 da massa de monoqueima, e apresenta um teor de 10% de  $\text{CaCO}_3$ , acima dos valores utilizados habitualmente em massas de monoqueima<sup>3</sup>.

### Controle Preventivo

Para evitar que o problema volte a aparecer, sugere-se o controle da quantidade de carbonatos presentes nas matérias-primas, a cada novo lote, através de ensaios de calcimetria. É importante conhecer qual a quantidade máxima de carbonatos que cada processo é capaz de tolerar, sem que ocorra o surgimento de defeitos.

### Conclusões e Sugestões

A decomposição do  $\text{CaCO}_3$  durante o ciclo de queima, a uma temperatura maior que a temperatura de selagem, origina o defeito estudado.

A matéria-prima A apresenta um teor de  $\text{CaCO}_3$  inadequado para este processo de fabricação. Sugere-se a substituição desta matéria-prima, reduzindo assim a quantidade total de carbonatos da formulação, adequando-a ao uso em monoqueima.

### Agradecimentos

À Cerâmica Urussanga S/A – Ceusa.

Ao Centro de Tecnologia em Cerâmica – CTC.

À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, através do Laboratório Interdisciplinar de Materiais – Lab-Mat e do Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos – EQA.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica.

### Referências Bibliográficas

1. J. L. Amorós Albero, V. Beltrán Porcar, A. Blasco Fuentes, J. E. Enrique Navarro, A. Escardino Benlloch, F. Negre Medall. *Defectos de fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos*. Instituto de Tecnologia Cerâmica, Valencia, 1991.
2. F. G. Melchiades; R. A. Teixeira; A. O. Boschi. “Estudo do defeito denominado verruga em revestimentos cerâmicos”. *Cerâmica Industrial*, **2** [5/6] 29-33 (1997).
3. J. E. Enrique; A. Escardino; J. Garcia-Ten, V. Cantavella. “Decomposición de carbonatos durante la cocción de piezas de revestimiento cerámico vidrado. Relación con la aparición de pinchados,” pp. 69-70 in *Qualicer 1998*, (Castellón, Espanha, março 1998).
4. J. Garcia; E. Sanchez, J. L. Amorós; M. C. Garcia. “Composições para a fabricação de revestimentos cerâmicos. Influência dos distintos componentes sobre o processo de fabricação”. *Cerâmica Informação* **2** [4] 15-20. (1999).

5. E. Sanchez, J. Garcia, V. Sanz, E. Ochandio. "Criterios de selección de materias-primas para fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos. *Cerámica Información* [157] 13-21 (1990).

6. SACMI-IMOLA, "Defeitos em revestimento cerâmico como uma consequência de regulação errada do forno". *Cerâmica Industrial* 2 [1/2] 17-22 (1997).