

## **Avaliação da formação de trincas na requeima de cerâmicas sanitárias**

### **(Evaluation of the cracks formation in re-firing of sanitary ceramics)**

Cristina Ballico<sup>1</sup>, Ricardo Thomé da Cruz<sup>1</sup>, Saulo Roca Bragança<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul - DEMAT / UFRGS

Av. Osvaldo Aranha 99/711, Porto Alegre, 90035-190, Brasil

ballico.cristina@gmail.com

#### **Resumo**

*O trabalho apresenta a investigação dos fenômenos associados à formação da trinca de requeima de cerâmicas sanitárias. A análise visual da trinca mostrou que a mesma aparece durante o aquecimento do forno de requeima, sendo posteriormente recoberta pelo amolecimento do esmalte. Assim, analisaram-se as possíveis origens e formações de tensões residuais em todo o processamento: colagem, secagem, queima e requeima. Na colagem, as heterogeneidades na microestrutura foram analisadas na seção transversal das peças. Na secagem, foi avaliada a retração dos corpos em diversos pontos no secador, relacionando-se com a velocidade de secagem. Os fornos de queima e requeima foram monitorados quanto à homogeneidade térmica. É esperado que na produção industrial, em diversas etapas do processamento, surjam tensões residuais que possam levar à formação de trincas. No entanto, as heterogeneidades térmicas e a velocidade de aquecimento no forno de requeima foram consideradas os fatores preponderantes à formação de defeitos nas peças.*

*Palavras-chave: Cerâmica sanitária, processamento, requeima, defeitos*

#### **Abstract**

*This work presents the investigation of the phenomena associated with the formation of re-firing cracks in sanitary ceramics. The visual analysis of the crack showed that it appears during the heating of the re-firing furnace, being later covered by the softening of the glaze. Thus, the possible origins and formations of residual stresses were analyzed in all the processing steps: casting, drying, firing and re-firing. In the slip casting, the heterogeneities in the microstructure were analyzed in the cross section of the pieces. On drying, the shrinkage of the bodies at different points in the dryer was evaluated, related to the drying rate. Firing and re-firing furnaces were monitored for thermal homogeneity. It is expected that in industrial production, in several stages of processing, residual stresses arise that may lead to the formation of cracks. However, the thermal heterogeneities and the heating rate in the re-firing furnace were considered the preponderant factors to the formation of defects in the pieces.*

*Keywords: Sanitary ceramics, processing, heat treatment, defects*

## **INTRODUÇÃO**

A indústria de cerâmicas sanitárias produz peças de dimensões e/ou peso consideravelmente maior que as outras cerâmicas tradicionais, como pias, colunas de pias, tanques, mictórios, vasos sanitários, entre outros. Face a isso, é usual a reparação de peças que apresentam pequenos defeitos, como falhas no recobrimento da esmaltação, poros ou furos no esmalte, trincas, etc. Após o condicionamento, as peças são novamente (parcialmente) esmaltadas e queimadas, garantindo a mesma qualidade que qualquer peça, ou seja, sendo aprovada nos testes de inspeção que garantem o cumprimento das exigências prescritas nas normas técnicas. Nessa indústria, todas as peças são inspecionadas [1].

O objetivo da requeima é aumentar o rendimento de uma fábrica. Em termos gerais, a produção de peças aprovadas após a queima chega a 60-75%, enquanto as peças com pequenas imperfeições e passíveis de reparação totalizam 20-30%. Cerca de 5% da produção é classificada como rejeito [2].

No presente trabalho, foi analisado o aparecimento de trincas durante a requeima de peças que foram condicionadas: as peças apresentavam pequenos defeitos após a queima, realizou-se a reparação desses defeitos e as peças foram novamente esmaltadas (na zona de defeitos) e sofreram uma segunda queima, denominada de requeima, em um forno específico. Em outras palavras, os primeiros defeitos foram sanados, mas a requeima produziu novos defeitos. Isso levou a seguinte questão: na requeima foram geradas tensões térmicas (choque térmico) e/ou os defeitos pré-existent (tensões residuais, trincas recobertas pelo esmalte na queima, etc.) levaram a formação de novas trincas, em consequência a uma nova etapa de queima?

Com base nas análises técnicas e informações do processo produtivo, o trabalho abordou o estudo da trinca de requeima e identificação da sua origem a fim de controlar/solucionar esse defeito. Assim, foram analisadas todas as etapas do processo, como colagem, secagem, queima e requeima, de modo a gerar informações que possam minimizar a formação de defeitos e tensões residuais que venham a formar trincas. Um segundo ponto, é a discussão sobre possíveis soluções a requeima de produtos recuperados, de modo a minimizar a geração de trincas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho começou com o levantamento de possíveis causas do defeito (trincas em vasos sanitários recuperados e requeimados), a fim de se selecionar uma metodologia de

análise. Alguns testes iniciais não são apresentados aqui, pois não mostraram nenhuma possível relação com a formação da trinca durante a queima das peças. Por exemplo, foi realizada a caracterização completa da barbotina, como propriedades reológicas, tixotropia e estabilidade ao longo do tempo, a qual mostrou que a barbotina estava de acordo com os parâmetros técnicos esperados. A seguir, são apresentadas as “possíveis causas do defeito” nas etapas do processamento e a metodologia de análise empregada no trabalho.

### Colagem

a) Problemas do fluxo de barbotina durante o enchimento do molde.

- Consequência: Separação de uma fase mais fluida de uma fase mais densa. Concentração localizada de quartzo levando à dilatação diferencial.
- Método de análise: corte da peça e inspeção da imagem da área transversal da parede da peça.

### Secagem

a) Problema relacionado ao ciclo de secagem ocasionando a falta de homogeneidade da secagem, com diferentes taxas de secagem em diferentes locais na peça.

- Consequência: possível retração diferencial, tensões residuais, microtrincas internas.

b) Umidade residual presente na peça.

- Consequência: formação de trincas/tensões internas durante o aquecimento na primeira queima.
- Métodos de análise: medição do peso das peças antes e após o secador e com maior tempo de residência no secador. Análises das peças em diferentes tempos de secagem e de diferentes posições no secador.

### Primeira queima

a) Regiões do forno com diferentes temperaturas.

- Consequência: retração diferencial na peça e/ou geração de tensão térmica/trincas.

b) Problemas na rampa de aquecimento/resfriamento.

- Consequência: transição muito rápida nas transições polimórficas do quartzo, gerando tensão térmica.
- Método de análise: usos de barras coladas com a massa industrial e uso de anéis de Buller para monitoramento das temperaturas de queima em diferentes regiões do

forno. Esses anéis são constituídos de uma composição padrão, de modo que sua dimensão após a queima é associada com a temperatura de queima.

### Requeima

a) Regiões do forno com diferentes temperaturas.

- Consequência: retração diferencial na peça e/ou geração de tensão térmica/trincas. Agrava a tensão de transformação do quartzo.
- Método de análise: idem a queima.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### Aspecto visual do defeito

A Figura 1 apresenta o aspecto visual da trinca de requeima em uma peça (região de fluxo de água em um vaso sanitário). De acordo com a imagem, observa-se que o esmalte escorreu para dentro da trinca. Essa situação indica que a trinca tem origem durante o aquecimento do forno de requeima, sendo posteriormente recoberta pelo amolecimento do esmalte. A trinca pode se formar devido às tensões formadas pela presença de quartzo, ou ela pode se propagar devido à presença de defeitos existentes antes da requeima. A principal implicação mediante esta constatação é a avaliação da rampa de aquecimento na requeima. Possivelmente, a utilização de menores taxas de aquecimento e/ou patamares mais extensos possam reduzir a formação/propagação da trinca.



Figura 1: Imagem da trinca de requeima de vaso sanitário.

### Colagem

A “linha de colagem” que aparece no meio da peça em sua seção transversal após a quebra é um indício de segregação de material (Figura 2), de maneira que a sucção da água no molde não ocorreu de modo homogêneo, portanto, a viscosidade não estava suficientemente elevada nesse momento. Algumas peças foram inspecionadas e identificou-se a presença da “linha de colagem” tanto em peças com a presença da trinca de requeima como também em peças sem a trinca de requeima. Portanto, esse fator foi descartado como causa direta da formação do referido defeito.

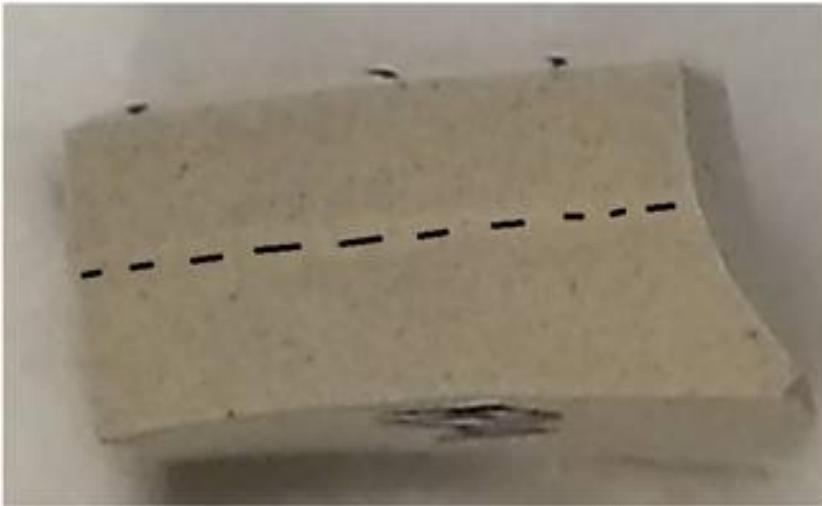


Figura 2: Imagem da seção transversal zona da trinca de requeima (região assinalada na Figura 1).

### Secagem

A Tabela I mostra que após o procedimento habitual de secagem (48h em temperatura no ambiente da fábrica e 6h em estufa) o peso das peças permaneceu praticamente constante, mesmo com mais 24h no secador, indicando, portanto, a ausência de umidade residual no período de secagem normal. Precisamente, houve um pequeno aumento de peso devido à absorção de umidade atmosférica. Não houve diferença na eficiência de secagem em relação à posição das peças no secador. A verificação do peso das peças em diferentes tempos de secagem (antes do ciclo total) não mostrou diferenças significativas na velocidade de secagem.

Tabela I: Comparação da secagem normal (6h) com a mesma em 24h.

Peso após 6h secador (kg)	Peso após 24h no secador (kg)
22,56	22,58
22,27	22,29
22,45	22,46
22,47	22,49
22,4	22,43
22,41	22,44

### Queima

A Figura 3 mostra o “mapeamento” das retrações diferenciais e temperaturas no forno de queima. Nota-se uma pequena variação da retração em diferentes posições do forno (valor máximo de 0,4%), o que poderia propiciar a geração de tensões residuais em uma bacia. No entanto, na mesma figura, o teste com anéis de Buller mostrou uma excelente homogeneidade térmica. O teste foi repetido por mais de uma vez, não apresentando diferenças significativas nas medições das temperaturas. Ressalva-se apenas que o forno passara por manutenção e calibração em curto período anterior aos testes.

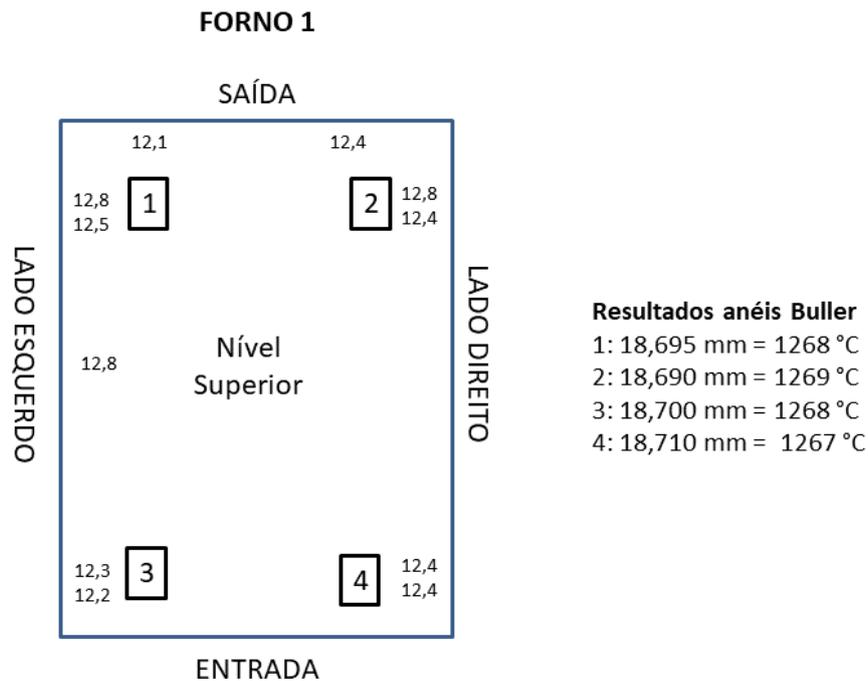


Figura 3: Retração da massa medidas por barras coladas com a massa industrial e anéis de Buller em diferentes posições do forno 1.

## Requeima

O forno de requeima mostrou uma significativa variação de temperatura, como se pode observar na Figura 4. Isto é um fator que vem a somar com os problemas das tensões residuais referidas anteriormente, ou seja, é mais um motivo causador das trincas de requeima. O ajuste de forno, propiciando uma melhor homogeneidade térmica, é fundamental para se atenuar o problema da formação de trincas nessa etapa. No entanto, o saneamento dos problemas anteriores ou mesmo melhorias de processo na colagem, secagem e queima, é igualmente importante. Quanto às peças já produzidas e reparadas, as quais aguardam a requeima, é fundamental a calibração do forno e possivelmente uma requeima mais lenta, principalmente, no intervalo de transformação do quartzo, ou seja, na etapa de aquecimento do forno de requeima.

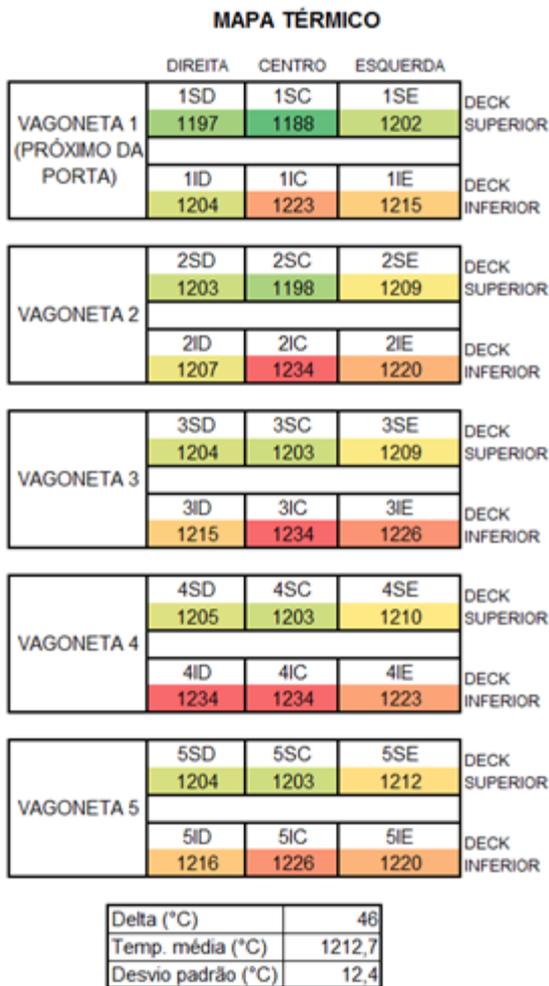


Figura 4: Distribuições térmicas no forno de requeima por anéis Buller.

## CONCLUSÕES

Na análise da etapa de colagem, constatou-se na área da seção transversal da parede de algumas peças a presença da “linha diferencial de colagem”, ou seja, um aspecto de menor empacotamento particular no centro da parede, tanto em peças com a presença da trinca de requeima como também em peças sem a trinca de requeima. Portanto, não foi possível fazer qualquer tipo de ligação da linha de colagem com a presença da trinca de requeima.

Na investigação da etapa de secagem, os testes realizados indicaram que as peças não apresentam umidade significativa após a secagem. Algumas peças estavam entrando com maior índice de umidade no secador, mas as análises não mostraram variações significativas na taxa de secagem entre as diferentes peças, nem diferenças na umidade em diferentes regiões do secador.

A investigação da ação térmica no forno de queima mostrou certa variação da retração de barras coladas com a massa industrial, em diferentes posições do forno, o que poderia propiciar o surgimento de tensões residuais em uma peça. No entanto, o teste com anéis de Buller mostraram uma excelente homogeneidade térmica. Com base nos resultados obtidos, não foi possível justificar o surgimento do defeito ao processo de queima.

O aspecto da trinca de requeima indica que o esmalte escorreu para dentro da mesma, portanto, essa situação significa que a trinca tem origem durante o aquecimento do forno de requeima, sendo parcialmente recoberta pelo amolecimento do esmalte. Por conseguinte, a rampa de aquecimento na requeima deve ser reavaliada: é possível que menores taxas de aquecimento e/ou patamares mais extensos possam reduzir a formação/propagação da trinca.

A avaliação do forno de requeima mostrou uma significativa variação de temperatura em diferentes locais, com um gradiente de temperatura de  $\sim 50^{\circ}\text{C}$ . O ajuste de forno para se obter uma melhor homogeneidade térmica é importante para a requeima das peças já produzidas e reparadas, além disso, é recomendável uma requeima mais lenta, principalmente, no intervalo de transformação do quartzo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Luiz Paulo S. de Antoni pelo apoio no desenvolvimento dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- [1] T. Shingler, Vitreous china sanitarywares, Ceramics Monographs-Handbook of Ceramics, Verlag Schmid, Freiburg, 1980.
- [2] D. Fortuna, Ceramic Technology: Sanitaryware, Faenza Editrice, Faenza, 2000.