

CONTROLE DE QUALIDADE DE REFRATÁRIOS (1)

Carmindo Altoê Júnior (2)

Julio Cesar Vasconcellos Castro (3)

João Bosco Furst Gonçalves (4)

R E S U M O

Destaca-se a importância da realização do controle de qualidade dos materiais refratários, dando-se ênfase aos requisitos técnicos que devem constar dos contratos de compra entre usuários e fabricantes. Discute-se a situação na USIMINAS, concluindo-se pela necessidade da criação de programas de "Qualidade Assegurada" já muito difundidos em outros países.

(1) - Contribuição Técnica ao Simpósio COREF; Vitória, ES; Outubro, 1982

(2) - Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista da Unidade de Metalurgia de Aciaria da USIMINAS; Ipatinga - MG.

(3) - Membro da ABM e ABC; Engenheiro Metalurgista da Unidade de Pesquisa do Aço da USIMINAS; Ipatinga - MG.

(4) - Membro da ABM; Engenheiro Mecânico, Chefe da Divisão de Materiais da USIMINAS; Ipatinga - MG.

1. INTRODUÇÃO

O controle de qualidade do refratário deve ser feito, tanto em benefício do fabricante que deseja avaliar a qualidade do seu produto, como do usuário no sentido de julgar a constância e a regularidade do produto comprado.

O maior rigor por parte do fabricante durante a fase de inspeção, pode implicar em maiores gastos no controle, entretanto isto significará que o usuário irá usar produtos de melhor qualidade.

Um dos princípios do controle de qualidade é o bom entendimento entre o fabricante e o usuário visando otimização de custos. E para isto, é fundamental que ambas as partes interessadas estejam imbuídas de uma mentalidade sadia em relação ao problema.

2. FUNDAMENTOS

No controle de qualidade de refratários, distinguem-se duas diferentes etapas:

- a) Controle do material em si;
- b) Controle de aplicação.

2.1 - Controle do Material

Para checagem de aceitação há principalmente dois ciclos de controle que precisam ser realizados conjuntamente para formar um todo:

- 1) Inspeção por variáveis;
- 2) Inspeção por atributos.

O item (1) inclui todos os testes destrutivos. Enquanto o item (2) inclui os testes de aparência externa, dimensões e onde aplicáveis, testes não-destrutivos de ultra-som e similares. Esses dois ciclos de controle, reunidos e através de métodos estatísticos, permitem uma avaliação do lote de refratários quanto à consistência de qualidade.

2.2 - Controle de Aplicação

Esse controle deve ser, basicamente, realizado pelo usuário. Trata-se do controle do desempenho industrial do refratário, o que é obtido através do controle de vida do revestimento, consumo de refratário, economia de combustível, etc. Em algumas áreas, a exemplo da aciaria, deve-se também procurar avaliar se o refratário afeta a qualidade do aço, e em que níveis isto se verifica.

Em ambas as etapas de controle, torna-se necessário a discussão de resultados com os fabricantes, a fim de que contra-medidas possam ser acertadas no sentido de se atender as necessidades dos usuários.

3. CONDIÇÕES TÉCNICAS

O termo "condições técnicas" deve ser usado para cobrir todos os requisitos técnicos estabelecidos pelo comprador na proposta de compra. Geralmente compreendem:

- Especificações técnicas fornecendo os valores das propriedades consideradas necessárias;

- Termo de aceitação indicando o padrão de julgamento a ser usado para se declarar o produto em conformidade ou não.

3.1 - Especificações Técnicas

Métodos de teste - Os resultados obtidos em um determinado teste dependem do método, equipamento ou tamanho do corpo de prova usados. A esse respeito é importante a pré-definição detalhada do método de teste. Igualmente, deve-se levar em consideração a reprodutibilidade do método, de tal modo que as variações encontradas nos resultados de teste não sejam confundidas com heterogeneidades dos produtos.

Escolha das propriedades - Por "qualidade" entende-se a soma das características que tornam um produto adequado para preencher certos requisitos. Essas características precisam ser então fixadas e ter sua ordem de grandeza definida.

É preciso lembrar que as propriedades do refratário devem ser examinadas como um todo. As propriedades individualmente dependem das matérias primas, métodos de conformação e queima. Portanto pode ser arriscado solicitar ou tentar obter um valor melhor para uma determinada propriedade de um dado produto, uma vez que isso pode repercutir negativamente em outras propriedades que podem mostrar-se mais importantes em uso do que o previsto.

Quando as condições técnicas dos contratos de compra são estabelecidas, um número determinado de propriedades deve ser escolhido para se verificar a consistência da qualidade. Na medida do possível essas propriedades devem ser relacionadas com as condições de utilização previstas. (Por exemplo, porosidade está relacionada com corrosão). Devem ser escolhidas aquelas propriedades que podem ser controladas através de testes simples e baratos, de modo que possa ser feito o número de medidas necessário para se realizar um controle eficiente. É importante então distinguir:

- As propriedades essenciais, que devem ser submetidas a rigorosos testes de controle através de métodos estatísticos. Geralmente, para salvaguardar tanto interesse do fabricante como do usuário, três (3) variáveis grandemente independentes devem ser tomadas como a base dos testes destrutivos. A seleção correta dessas propriedades usualmente fornece um relacionamento direto com outras.

- As propriedades suplementares cujos valores devem ser dados como informação.

Apresentação dos valores das propriedades - É necessário que nos contratos de compra as propriedades essenciais sejam dadas como:

- um valor médio com um desvio padrão, tendo-se em mente que de acordo com a propriedade em consideração somente valores muito elevados ou muito baixos serão motivo de reclamação, ou;

- um valor limite acompanhado do Nível de Qualidade Aceitável (NQA).

3.2 - Termos de Aceitação

A fim de se evitar litígio por ocasião de entrega de uma re-

messa de refratários, é necessário que os critérios que governam a conformidade ou não-conformidade da remessa sejam claramente pré-es-tabelecidos. Basicamente, deve-se dar atenção aos "planos de amos - tragem", definidos de comum acordo com o fabricante, e de preferên - cia devem ser seguidos esquemas retirados de normas.

4. SITUAÇÃO NA USIMINAS

Há algum tempo na USIMINAS, sentiu-se a necessidade da implan - tação de controle de qualidade, durante o recebimento de refratá - rios, evitando-se assim o emprego de produtos com características diferentes do especificado. No início de utilização de um determina - do material, o seu desempenho se mantinha constante por um certo pe - ríodo, após o que apresentava uma sensível queda de sua qualidade, normalmente devido à variação no processo de fabricação ou troca de matérias primas. Essa queda, em muitos casos, é somente verificada após utilização do material na área por redução na vida do revesti - mento refratário do equipamento. Materiais de uso de rotina, tam - bém ocasionalmente apresentavam baixa performance, sem que houves - se alterações nos padrões operacionais, sugerindo variação na sua qualidade. Também frequentemente deparava-se com itens apresentando divergências de formato e dimensionais, empenos, trincas, etc, impe - dindo sua aplicação, ocasionando muitas vezes, atrasos na realiza - ção de reparos devido à necessidade de adaptações.

O controle implantado na USIMINAS, visando solucionar os pro - blemas mencionados e portanto usar refratários de características especificadas, compreende basicamente a inspeção por variáveis, a - través de um laboratório de testes, e a inspeção por atributos rea - lizada junto à área de estocagem.

A sistemática de controle de refratários adotada atualmente na Usina Intendente Câmara é ilustrada na figura 1.

No caso de refratários conformados, como mostrado no sistema de controle adotado pela USIMINAS, a inspeção por atributos precede a inspeção por variáveis. Portanto, o ciclo de controle por variá - veis só é realizado após os tijolos serem aprovados no controle por atributos. Isto evita que sejam realizados testes de elevado custo em materiais já reprovados em inspeção anterior.

Na inspeção por testes destrutivos, o laboratório pode executar os seguintes testes:

- Resistência à compressão, flexão e tração;
- Densidade aparente e porosidade;
- Trabalhabilidade de plásticos;
- Módulo de ruptura à quente;
- Refratariedade simples;
- Condutibilidade térmica;
- Choque térmico;
- Variação linear na requeima;
- Ataque por escória-estático, etc.

A inspeção por atributos não exige equipamentos sofisticados sendo realizada sem maiores problemas, necessitando apenas de pessoal com habilidade comprovada na análise dos defeitos.

Com base no número de itens, do mesmo tipo, a serem manipulados e no valor acertado para NQA (Nível de Qualidade Aceitável), decide-se sobre o número de peças a serem amostradas e o número permitido de peças defeituosas.

Quanto à amostragem para inspeção por atributos, a tabela I (ref. 3) apresenta uma prática considerada eficiente. Recomenda-se retirar de cada padiola ou unidade de empacotamento, um número de a mostras entre 17 - 20%.

Os tijolos são amostrados aleatoriamente das 4 padiolas selecionadas e são examinados quanto a trincas, cavidades, cantos quebrados, grau de queima, etc. Compara-se então, o número de tijolos não-conformes encontrados (y) com o número de aceitação (C). Considerando um plano de amostragem simples tem-se:

se $y > C$, o lote não é aceitável;

se $y \leq C$, o lote é aceitável.

Esse procedimento pressupõe um acordo anterior entre fabricante e usuário, sobre quando um determinado tijolo deve ser considerado não-conforme. Também, que um dado tijolo seja somente uma vez classificado como defeituoso e imediatamente removido.

TABELA I - Amostragem por atributos em peças empadioladas (ref. 3)

NQA ESTIPULADO	1,5 %
Quantidade de peças compradas	10.000
Quantidade de peças disponíveis para inspeção. (nº de itens do lote = tamanho do lote)	N = 1000
Número de amostras necessárias de acordo com o programa de testes - PRE/R7 (*) (Nº de itens da amostra = tamanho de amostra)	n = 80
Número aceitável de tijolos com defeito (nº de aceitação)	c = 3
Número de tijolos por padiola	100 (10 padiolas no estoque)
20% dos 100 tijolos de cada padiola	20
Número de padiolas selecionadas para inspeção entre as 10 no estoque	$\frac{80}{20} = 4$

(*) Norma da Federação Européia de Fabricantes de Refratários.

A adoção dessa sistemática de controle na USIMINAS tem permitido detectar-se produtos fora dos padrões de qualidade, evitando-se grande parte das anormalidades ocorridas anteriormente.

Como mostram os índices de devolução de material refratário na inspeção por atributos (figura 2), o controle tem-se mostrado efetivo já que a checagem de recebimento vem se tornando cada vez mais rigorosa.

Como complementação da análise de qualidade dos refratários utilizados na USIMINAS, são feitos estudos de composição química, granulometria e sempre que necessário, análise de fases, petrografia, etc.

5. QUALIDADE ASSEGURADA

A existência no fabricante de sistemas eficientes de controle de processo e qualidade (figura 3) e a constatação por parte do usuário da constância da qualidade dos produtos refratários por ele fornecidos, possibilita a criação de programas de "Qualidade Assegurada", muito difundidos nos países desenvolvidos.

A emissão pelo usuário de um Certificado de Qualidade Assegurada nada mais é que o reconhecimento da capacidade técnica e idoneidade do fabricante. Isso traz como consequência enormes benefícios para ambas as partes. Para o fabricante, uma redução importante de custos pela aplicação de técnicas eficientes de controle de processo que, além de uma utilização mais racional de matérias primas e combustíveis, traz também como resultado uma diminuição importante da proporção de produtos desclassificados. Para o usuário, a certeza de estar usando produtos refratários de boa qualidade, dentro de suas especificações, tão importante para a boa performance de seus processos.

6. CONCLUSÕES

O consumo de refratários por tonelada de aço produzida na USIMINAS situa-se atualmente, entre os melhores índices obtidos pela indústria siderúrgica nacional. Esse resultado - 12,7 kg/t aço em 1981 - é devido não somente aos esforços das áreas de aplicação, mas também à sistemática de controle de qualidade durante o recebimento, que vem sendo implantada na Usina Intendente Câmara.

O controle de qualidade de refratários na USIMINAS tem-se mostrado de grande valia para assegurar a utilização de materiais de características especificadas, garantindo a performance dos processos metalúrgicos e a estabilidade da qualidade dos produtos; acredita-se também, que seja útil aos fabricantes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico de fabricação dos refratários.

Finalmente, considera-se que a criação de programas de "Qualidade Assegurada", muito difundidos em países mais desenvolvidos, resultará em grandes benefícios tanto para usuários como fabricantes.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - LE DOUSSAL, H. & JACQUEMIER, M. - Properties of unshaped refractory materials: laboratory and simulative pilot - scale tests. Trans. J. Br. Ceram. Soc. 80: 169 - 174, 1981.
- 2 - SAMPLING and acceptance - control. PRE/R7, 1978. Cap.IV, 14p. (Separata do Catalogo de normas PRE)
- 3 - LEPERE, K. - Quality control of the acceptance of refractory materials. Interceram (2); 1975. 3p.
- 4 - GALLO, M. et al. - Controle de qualidade de refratários para Aciaria. Reuniões Técnicas do Departamento de Aciaria da USIMINAS, junho 1981. 13p.
- 5 - WECKERLE, H. - Didier-a world-wide known Company in the refractory business. Interceram (1), 1978. 4p.
- 6 - GONÇALVES, J.B.F. & OLIVEIRA, J.A. - Controle de qualidade dos materiais refratários na USIMINAS.

Contribuição elaborada para apresentação no I Encontro Técnico de Fabricantes e Usuários de Refratários, promovido pela COREF/ABM em Belo Horizonte, M.G, março de 1982.

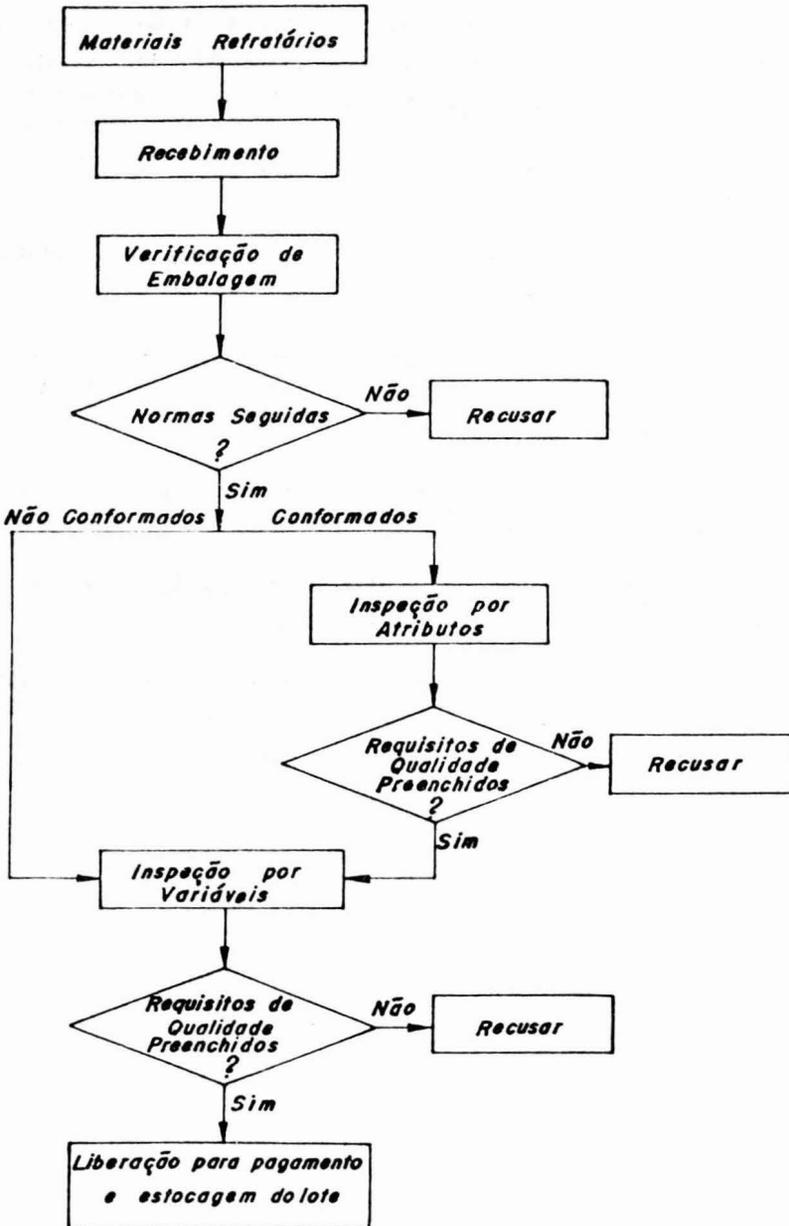


Figura 1- Fluxo do sistema de controle de qualidade de refratários na USIMINAS

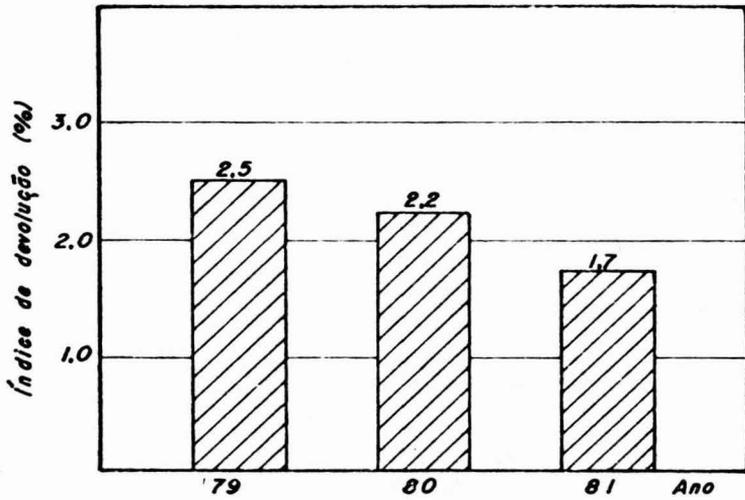


Figura 2 - Índice de devolução de refratários na USIMINAS inspeção por atributos

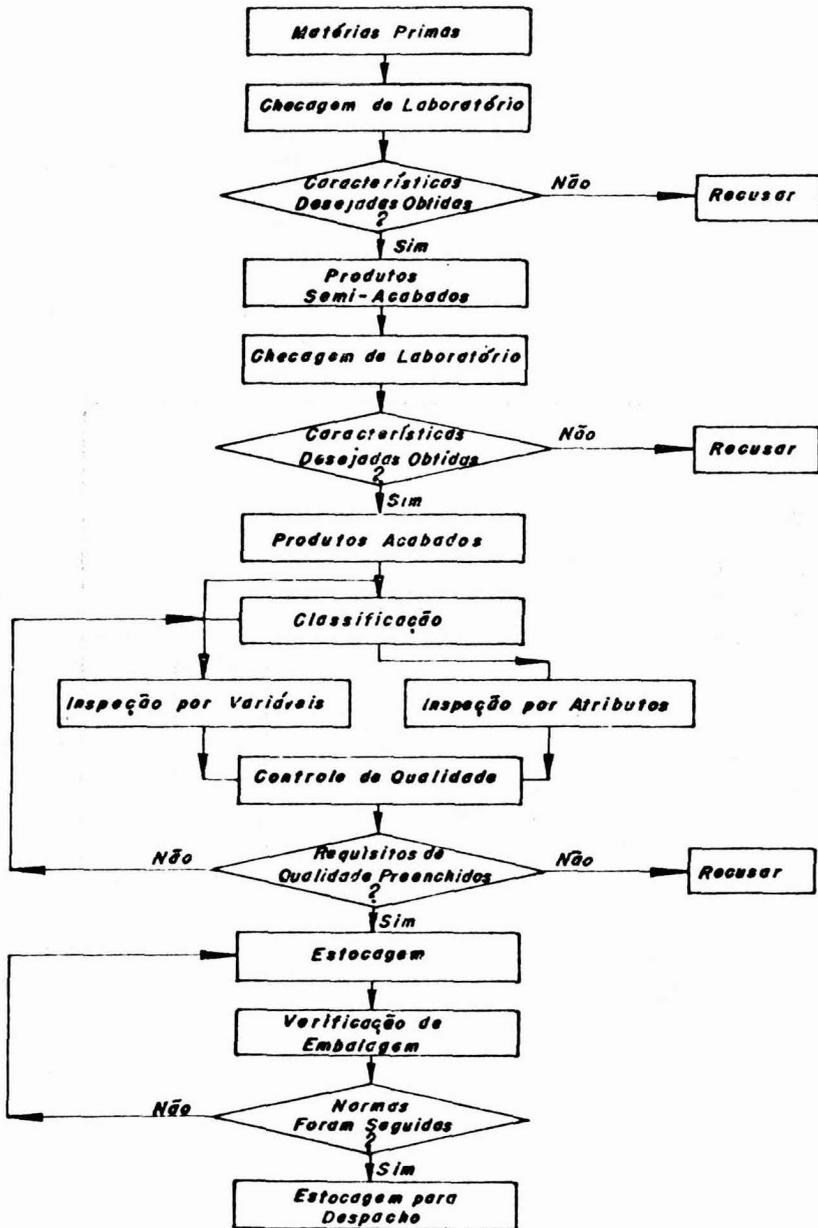


Figura 3 – Exemplo de fluxograma para controle em fábricas de refratários. (5)