

## Qualidade e Variabilidade de Matérias-Primas Cerâmicas

**Tomaz Teodoro da Cruz**

*Rua Barretos 170, 08770-490 Mogi das Cruzes - SP*

*e-mail: tomazcruz@uol.com.br*

**Resumo:** Algumas práticas dos consumidores de matérias-primas nos procedimentos de aprovação e reprovação de lotes não garantem, necessariamente, que eles alcancem seus objetivos, que são matérias-primas padronizadas e constantes. Os problemas variam desde os critérios de amostragem, que nem sempre “fazem justiça” ao lote; da substituição de um lote reprovado por um aprovado, que pode demandar tempo e consumir todo o seu estoque e obrigar a empresa a consumir um material não conforme para não paralisar uma linha de produção. Então, qual a saída para lotes bem constituídos? A Mineradora deverá criar condições de formação de lotes nas especificações exigidas pelo mercado consumidor. Estas condições vão desde a caracterização da jazida, através de pesquisa geológica detalhada, projeto de mineração, planejamento de lavra, coordenação de operações e metodologia de formação de lotes. Este conjunto de procedimentos é que dará a maior segurança ao fornecimento a longo prazo.

**Palavras-chaves:** *jazida, mina, minerais, industriais, qualidade, variabilidade, especificação, tolerância*

### 1. Introdução

Um dos pilares de sustentação da indústria cerâmica é a qualidade das matérias-primas. Ao ser analisada a qualidade, depara-se com a qualidade intrínseca da matéria-prima, tais como suas propriedades químicas, mineralógicas e cerâmicas e, não menos importante, a variabilidade do seu fornecimento ao longo do processo produtivo.

Bons técnicos formulam massas, engobes e esmaltes através de matérias primas de qualidade mediana. Porém, estes mesmos técnicos tem sérias limitações para manter uma fábrica estável e produtiva, com matérias-primas de alta qualidade intrínseca, porém com variações ao longo do fornecimento.

Por esta razão, o enfoque deste trabalho será voltado à manutenção das propriedades das matérias-primas ao longo do seu fornecimento às indústrias cerâmicas.

O enfoque deste trabalho será a metodologia para a aprovação de lotes, porém, muito mais importante que a aprovação dos lotes já formados, é uma metodologia para formar os lotes já dentro de padrões pré-estabelecidos.

### 2. Histórico

O modelo industrial brasileiro até o início da década passada era totalmente fechado e verticalizado, fazendo com que as indústrias consumidoras de minerais industriais tivessem matérias-primas próprias e isto era feito através de grandes investimentos em mineração, desde a prospecção geológica até na operacionalização de suas minas. Este modelo fortaleceu as grandes indústrias que tinham recursos para tal fim, porém inibiu o investimento de empresas de mineração de minerais industriais voltadas para clientes diversos, por dois motivos:

- Este mercado deixou de ser interessante para os mineradores, uma vez que os clientes potenciais (indústria cerâmica) já eram detentores de matérias primas próprias;
- As melhores jazidas já estavam sob a posse destas grandes empresas que tinham a preocupação com o seu abastecimento e em raras ocasiões, disponibilizavam suas matérias-primas para o mercado. Instituído este modelo, pouco restou para mineradoras

voltadas a um mercado pulverizado que, por sua vez, reduziu a oferta de minerais industriais de qualidade para o mercado de cerâmica e afins. A escassez destes produtos inibe o surgimento de novas indústrias cerâmicas e afins ou eleva o investimento inicial, incluindo também o investimento na busca de novas fontes de matérias-primas.

### 3. Qualidade

A qualidade de uma matéria-prima é definida como o conjunto de suas propriedades que atendam uma especificação previamente definida, mas podem admitir variações determinadas. A partir de então, deverão ser definidos os seguintes termos

- Variabilidade;
- Especificação/ Tolerância;
- Amostragem;
- Análise;
- Tratamento de Dados;
- Aprovação/Reprovação.

#### Variabilidade

Haverá variação nas propriedades das matérias-primas ao longo do fornecimento. Esta variação deverá estar sob controle, com limites mínimos e/ou máximos previamente definidos e ser registradas ao longo do tempo. O controle desta variabilidade trará um histórico desta matéria-prima que poderá ser associada à possíveis variações do produto. É uma condição básica para a rastreabilidade do processo.

#### Especificação/Tolerância

Estabelecer uma especificação a partir de fornecimentos históricos é relativamente simples. Toma-se os últimos fornecimentos (meses, lotes, etc), utiliza-se a média para as propriedades a serem medidas; e estabelecem-se as tolerâncias através do desvio padrão encontrado. Este procedimento pode solucionar a questão. Porém, estas especificações históricas trazem dois sérios riscos, a saber:

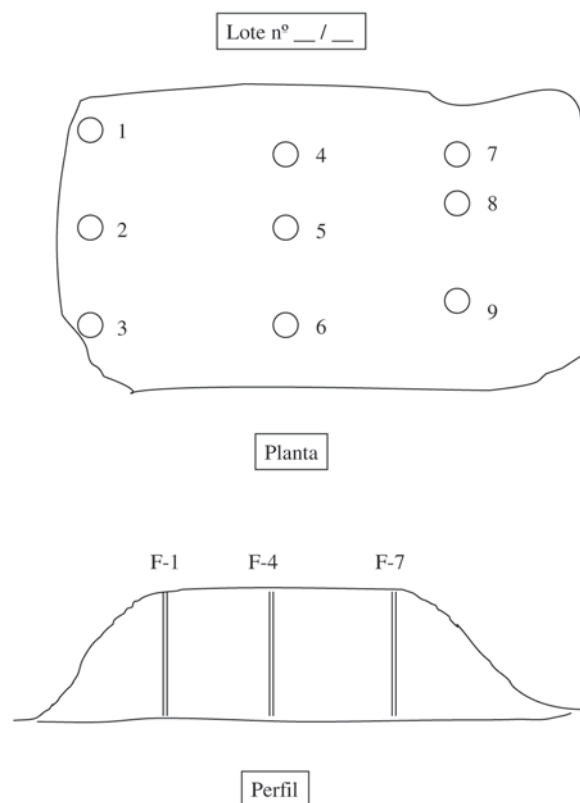
- Excesso de rigor: o fornecedor impõe mais controle de qualidade na produção de uma determinada matéria-prima, sem que na verdade fosse necessário tal rigor. O que acontece de fato, é que o consumidor, na dúvida, foi excessivamente rigoroso com a qualidade e terá de pagar a mais pelo excesso de zelo. A consequência é o custo mais elevado;
- Falta de rigor: No caso de uma determinada matéria-prima, mesmo que esteja em consumo há anos dentro das especificações, seu desempenho pode causar perdas de qualidade no produto final, ou limitar de alguma forma o processo trazendo limitações na produção (produtividade e qualidade) como um todo. Esta é a situação bastante comum, em que tudo está sob controle, mas alguma coisa sai errado. Na verdade, errada está a especificação e/ou tolerâncias.

Diante destas proposições, percebe-se que especificar não é uma tarefa simples e demanda estudos estatísticos e ensaios diversos.

#### Amostragem

Entende-se por uma boa amostragem aquela que represente bem o lote em questão. O critério de amostragem é substancialmente mais importante que o volume individual de amostra ou a quantidade de amostras no mesmo lote. Não há como definir, de antemão, o critério, o número mínimo de amostras por lote e o peso da amostra. Pode-se dizer que o número de amostras menor que 3 é insuficiente, que não permite avaliar a variação entre os resultados. Desconhecendo a variação entre os resultados, nada se pode afirmar sobre sua homogeneidade. Este trabalho se limitará aos critérios aprovação de minerais industriais brutos, divididos em dois grupos, rocha dura (feldspato, filito, argilito, etc) e argila.

- Argila: Operação de amostragem no lote é fácil, com auxílio de trado manual, operado por duas pessoas para coletar a amostra. A plasticidade da argila facilita a coleta das amostras, bem como a adição de água nos furos poderá melhorar a penetração e aderência da argila ao trado. Este equipamento coletará amostra do topo à base do lote, compondo amostras em toda sua extensão vertical. O número de amostras a



serem enviadas para análise deverá ser no mínimo de três, sendo desejável a formação de malhas regulares de sondagem para a coleta de amostras. É fundamental a identificação dos pontos de coleta de amostra, o que possibilitará uma melhor homogeneização do lote ou a reprovação parcial do lote;

- Rocha “Dura” (Filito, argilito, quartzito, feldspato): A amostragem destes lotes, cuja formação teve critérios definidos ou não, é bastante complexa. O trado não penetra no lote com a mesma facilidade com que é feito nas argilas. Quando penetra, não é eficaz na coleta das amostras. Partindo do princípio de que o lote não é homogêneo, o material de superfície pode não ser o mesmo do seu interior. Por mais criteriosa que seja a amostragem de superfície, coletando-se de forma aleatória ou em malhas regulares, não representará seu interior. Uma movimentação deste lote com pás carregadeiras ou tratores nem sempre é possível e, quando possível, é uma operação de elevado custo. Portanto, uma vez formado o lote de “rocha dura”, sua amostragem é precária.

Considerando esta situação, há a alternativa de amostrar o lote ao longo de sua formação. A elaboração do lote deverá obedecer a critérios que possibilitem a homogeneização, como o empilhamento em camadas superpostas. A amostragem poderá ser feita ao longo de sua formação, havendo coletas regulares quando da deposição de caminhões, fazendo-se o agrupamento de amostras (a cada número constante de caminhões uma amostra), para depois serem britadas, quarteadas e analisadas. Neste caso, considerando-se que as amostras foram coletadas ao longo da formação do lote, não será possível localizar o ponto de coleta da amostra, mas somente a característica geral do lote, se está ou não homogêneo, se está ou não dentro das especificações.

Para ambos os casos, lotes de matérias-primas são e devem ser tratados com produtos finais. Desta maneira, um produto não pode ter sua qualidade final avaliada depois de acabado, mas sim ao longo de sua formação.

#### 4. Análises

Considerando que a especificação está correta e que as amostras são representativas, parte-se para a análise das amostras. O que analisar? A análise de todas as propriedades pode ser onerosa e demandar muito tempo, que é vital em um processo produtivo. As propriedades a serem analisadas deverão sempre contemplar:

- Função deste material na formulação: o que esta matéria-prima está fazendo na composição? (aumentando a plasticidade, a fundência, etc?);
- Propriedade limitante deste material: o que inviabilizará esta matéria-prima? (cor de queima, matéria orgânica, resíduo silicoso).

Uma vez analisadas as principais características das

matérias-primas, forma-se um banco de dados e faz-se uma correlação com as propriedades dos materiais. Esta correlação pode tornar-se bastante útil e confiável, o que poderá propiciar a análise de poucas variáveis e extrapolar para as demais propriedades.

Uma vez estabelecido “o que” analisar, deve-se atentar para dois fatores primordiais:

- Metodologia de Análise: qualquer que seja a propriedade a ser analisada, sua metodologia deverá estar registrada através de procedimentos e estes deverão ser rigorosamente seguidos. Fatores como umidade de amostra, malha da peneira em que se passa o material, densidade a verde do material prensado, temperatura e ciclo de queima, forno utilizado, além das condições especiais em que esta amostra foi preparada- quando houver. Todos estes procedimentos deverão ser registrados;
- Utilização de Padrão: a cada amostra, ou lote de amostras, de matéria-prima em análise deverá ser analisada também uma amostra-padrão conhecida, a qual deverá ter em estoque no laboratório (dezenas de kg). Mesmo considerando toda a metodologia utilizada, poderá haver determinados “eventos” que escapam do controle quando de sua análise. A utilização do padrão, de propriedades previamente conhecidas, será a testemunha em todas etapas do processo de análise. Por onde passou a amostra, passou também o padrão nas mesmas condições. Neste caso, haverá um resultado relativo, que significa o quanto maior ou menor que o padrão ficou o resultado desta amostra. Esta comparação com o padrão é válida para resultados que dependem das condições de processo, como resultados de ensaios cerâmicos.

Após analisadas cerca de 5 a 10 amostras, verifica-se que os valores encontrados no padrão diferem entre si, para o mesmo material. Isto significa que, para o mesmo material, para o mesmo procedimento, executado pela mesma pessoa, há variações de processos que são imperceptíveis à “olho nu” e alteram os resultados. Para isto, se faz necessário o uso do padrão.

Diante do já explanado, há critérios de especificação definidos: (valor  $\pm$  tolerância), as amostras foram representativas, foram analisadas dentro dos procedimentos previamente definidos, foram comparadas ao padrão e já pode-se passar para a próxima etapa.

#### 5. Tratamento de Dados

Como pôde ser observados nos itens anteriores, estes dados deverão ser tratados, dentro das seguintes considerações:

- Comparação com o Padrão: os resultados serão sempre expressos em comparação ao padrão. O valor absoluto “carrega” consigo as variações “imperceptíveis” do processo. Para a melhor compreensão, foi

Medidas	Padrão	Amostra	Média Padrão	Amostra - Padrão	Diferença + Padrão	Amostra Corrigida
1	4,50	4,10	5,05	4,10 - 4,50 = -0,40	(- 0,40) + (5,05) =	4,65
2	4,80	4,80	5,05	4,80 - 4,80 = 0,00	(0,00) + (5,05) =	5,05
3	5,10	5,60	5,05	5,60 - 5,10 = 0,50	(0,50) + (5,05) =	5,55
4	6,10	5,20	5,05	5,20 - 6,10 = -0,90	(-0,90) + (5,05) =	4,15
5	4,75	5,95	5,05	5,95 - 4,75 = 1,20	(1,20) + (5,05) =	6,25
Média	5,05	5,13				5,13
Desvio Padrão		0,719				0,811

elaborada a seguinte tabela: (será considerada uma grandeza cujo valor gire em torno de 5,00) recomendável o uso de planilha eletrônica.

Para o exemplo citado, observa-se que há diferença entre os valores da amostra e amostra corrigida. Os valores a serem armazenados serão os da amostra corrigida. Os valores da amostra corrigida estão isentos das variações do processo em questão.

#### *Interpretação dos Resultados*

Tanto a média da amostra quanto da amostra corrigida apresentaram o mesmo resultado,  $\mu = 5,13$ . Porém o desvio padrão da amostra é  $\sigma = 0,719$  e para a amostra corrigida é  $\sigma = 0,811$ . Isto significa que a variabilidade das amostras corrigidas é maior que da amostra sem correção. Em outras palavras, o lote é mais heterogêneo do que aparenta ser, caso não fosse feita a comparação com o padrão.

A especificação é que determinará se o lote será aprovado ou não. Para estabelecer a especificação, é imprescindível atentar a dois fatores básicos:

- Se os fornecedores disponíveis, ao preço requerido, tem condições de atender às especificações;
- Se as especificações tem significados técnicos ou históricos. No caso em que a empresa só dispõe de especificações históricas, deverão ser realizados ensaios para determinar o limite de utilização técnica de material. Isto poderá aumentar o leque de fornecedores, ou aumentar a vida útil de jazidas cujas especificações estavam muito apertadas, podendo reduzir o custo ou aumentar o horizonte de fornecimento.

No tocante à aprovação ou reprovação de materiais, é comum analisar o lote e dar os seguintes despachos: a) quando há aprovação, o lote é embarcado para o consumo; e b) havendo reprovação, há uma segunda análise do mesmo lote. Isto incorre em duas situações: confia-se nos resultados somente quando é conveniente, e forja-se uma outra análise para tentar alterar os resultados. Quando a segunda amostragem apresentou resultados favoráveis, pode-se dizer que:

1. o lote não estava homogêneo;
2. a amostragem não foi representativa; ou
3. as especificações não estavam condizentes com a realidade.

Em qualquer um dos casos acima citados, deve-se reavaliar as condições de aprovação do lote.

## **6. Considerações Finais**

Diante do exposto, o estabelecimento de condições de aprovação de lotes demandam procedimentos bem elaborados e a sua execução na íntegra. O estabelecimento de especificações inadequadas causam prejuízo, sejam pelo excesso de zelo, acarretando custos elevados, ou por critério muito aberto, que comprometem qualidade e produtividade.

Lotes aprovados ou reprovados são conseqüências de trabalhos anteriores e portanto, o enfoque deverá estar centrada na formação dos lotes, com critérios que faz com que estes sejam automaticamente aprovados após formados. O foco deverá ser voltado para o processo produtivo do lote e não para sua análise, após formado.