

# **DOSSIÊ TÉCNICO**

Etapas do Processo Cerâmico e sua Influência no  
Produto Final – Massa, Extrusão, Secagem e  
Queima

Luiz Carlos Bosi Tubino  
Patrícia Borba

**SENAI-RS**

Centro de Educação Profissional SENAI Nilo  
Bettanin

Novembro  
2006



## DOSSIÊ TÉCNICO



### Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>3 PREPARAÇÃO DA MASSA</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1 Princípio básico da formulação de massa</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2 Equipamentos para a preparação de massas</b> .....	<b>4</b>
3.2.1 Desintegrador .....	4
3.2.2 Homogeneizador .....	4
3.2.3 Misturador .....	4
3.2.4 Laminadores.....	4
3.2.5 Misturadores e laminadores múltiplos .....	4
3.2.6 Enxada rotativa .....	5
<b>3.3 Influência no produto final</b> .....	<b>5</b>
<b>4 EXTRUSÃO</b> .....	<b>5</b>
4.1 Extrusora ou maromba .....	6
4.2 Alimentador – Misturador da maromba .....	6
4.3 Cortadores .....	6
4.4 Bomba de Vácuo .....	7
4.5 Boquilha.....	7
4.6 Rendimento volumétrico da maromba.....	8
4.7 Conformação da peça.....	8
4.8 Influência no produto final: Conformação dos blocos e telhas .....	8
<b>5 SECAGEM</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1 Avaliação do comportamento de secagem</b> .....	<b>10</b>
5.1.1 Contração.....	10
5.1.2 Resistência à flexão a seco.....	10
5.1.3 Índice de fissuração .....	11
5.1.4 Prova de secagem rápida .....	11
5.1.5 Composição granulométrica.....	11
<b>5.2 Tipos de secadores</b> .....	<b>11</b>
5.2.1 Secadores intermitentes.....	12
5.2.2 Secadores contínuos.....	12
<b>5.3 Influência no produto final: Empenamento e Trincas</b> .....	<b>13</b>
<b>6 QUEIMA</b> .....	<b>13</b>
<b>6.1 Equipamentos para a queima</b> .....	<b>14</b>
6.1.1 Fornos intermitentes ou periódicos .....	14
6.1.2 Fornos contínuos tipo Hoffmann .....	15
6.1.3 Fornos contínuos tipo túnel.....	16
<b>6.2 Influência no produto final: Choque térmico e Cor de queima</b> .....	<b>17</b>
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>17</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>18</b>

	<b>DOSSIÊ TÉCNICO</b>	
--	-----------------------	--

## **Título**

Etapas do Processo Cerâmico e sua Influência no Produto Final – Massa, Extrusão, Secagem e Queima

## **Assunto**

Beneficiamento de argilas

## **Resumo**

O processo de fabricação de produtos da cerâmica vermelha, independente do sistema utilizado, parte de uma mistura de matéria-prima, denominada comumente de massa cerâmica, a qual sofre diversas transformações físico-químicas até alcançar as propriedades requeridas pelo produto acabado. Dentro do processo de fabricação destacam-se as etapas de preparação de massa, conformação por extrusão e prensagem, secagem e queima. Problemas comuns como a ocorrência de trincas, deformações, variação no processo da extrusão, no corte, na regulagem de boquilha, na quantidade produzida, na perda de secagem e de queima, consumo elevado de combustível, entre outros, que afetam diretamente a qualidade do produto final, poderão ser evitados ou minimizados com a preparação adequada da massa juntamente com um controle eficaz do processo de produção. A falta de conhecimento técnico por parte dos ceramistas é o principal gargalo na busca pela qualidade do produto cerâmico vermelho.

## **Palavras-chave**

Argila; cerâmica vermelha; processo cerâmico

## **Conteúdo**

### **1 INTRODUÇÃO**

Na indústria cerâmica, a queima é a fase primordial, onde se manifesta grande parte dos defeitos que ocorrem nos produtos cerâmicos que são provenientes da falta de homogeneização das massas, pois sabemos que as matérias-primas variam muito na sua composição, contendo impurezas que lhes dão as mais variadas características de qualidade.

A preparação de massa consiste em passar a argila em parte dos equipamentos, tais como: moinho, desintegrador, homogeneizador, laminador e misturador, umedecer e descansar para que a umidade passe da superfície para o interior dos grãos de argila, homogeneizando, evitando grãos secos, que sofre uma retração diferente durante a secagem e queima, e que ocasiona superfície irregular na peça.

Relatar as etapas do processo, suas características e estabelecer as possíveis patologias nos produtos da cerâmica vermelha são a tônica deste trabalho.

## **2 OBJETIVO**

Descreve e comenta as etapas do processo cerâmico, através do conhecimento básico de preparação da massa, extrusão, secagem e queima, além de citar e descrever a causa dos principais problemas no controle do processo para fabricação de produtos da cerâmica vermelha.

## **3 PREPARAÇÃO DA MASSA**

### **3.1 Princípio básico da formulação de massa**

A preparação de massa no processo cerâmico é fundamental para a qualidade do produto a ser fabricado. A utilização da matéria-prima vinda diretamente da jazida e colocada no caixão dosador provoca diversos problemas de qualidade no produto e no processo de fabricação. Quanto mais preparada for a massa maior será a produtividade e a qualidade do produto. Este procedimento irá contribuir diretamente para a redução do consumo energético e do desgaste dos equipamentos.

Problemas comuns como a ocorrência de trincas, deformações, variação no processo da extrusão, variações na amperagem, variações no corte, variações na regulagem de boquilha, variações na quantidade produzida, entre outros, poderão se evitados ou minimizados com a preparação adequada da massa juntamente com um controle eficaz do processo de produção.

A preparação pode ser elaborada com a utilização dos equipamentos de produção ou utilizando parte deles, em horários intercalados. Estes equipamentos encontram-se instalados atrás da maromba que poderá ter a seguinte linha: caixão alimentador, desintegrador, homogeneizador, laminador e misturador.

A massa consumida na cerâmica vermelha pode ser uma mistura de argilas plásticas (forte) com outras argilas não plásticas (fracas).

Difícilmente uma única matéria-prima fornecerá sozinha a melhor estrutura interna e qualidade possível, é preciso conhecer sua composição e, através do ajuste de massa ao método de conformação, será possível diagnosticar se a matéria-prima serve para fabricação de blocos, telhas, etc.

É fundamental para uma boa preparação de massa que a mistura tenha tempo para homogeneizar e descansar durante certo tempo de modo a diminuir as tensões sofridas após passar pelos equipamentos e possibilitar ao grão argiloso absorver a água adicionada no processo.

Blocos exigem matérias-primas com retração de secagem e de queima baixas além de uma excelente resistência mecânica em verde. Blocos estruturais precisam de resistência pós-queima bastante elevada. Blocos de vedação precisam ser leves, de baixa condutibilidade térmica e acústica.

As telhas aceitam variações dimensionais maiores que os blocos e não precisam de tanta resistência pós-queima quanto os blocos estruturais. A matéria-prima deve ser mais plástica que uma massa para blocos. Em contrapartida, as telhas exigem uma longa procura de matérias-primas com uma particular beleza de cor. Justificam a análise química dos óxidos de ferro e titânio na matéria-prima e vanádio no combustível. Também a lisura de acabamento das faces prensadas é fundamental para uma telha de qualidade. A telha de face lisa perfeita se obtém de preferência por moagem e não por laminador. Uma telha desse tipo dará um excelente acabamento de esmaltação, porém terá uma plasticidade modesta, o que exigirá um longo e cuidadoso sazonalamento. O sazonalamento dos pós-moídos exige meses, entretanto as

argilas plásticas sazonom (se incham até massa plástica) em apenas 15 dias de boas chuvas.

### **3.2 Equipamentos para a preparação de massas**

Existem inúmeros equipamentos destinados à preparação de massa, todos com a sua característica própria e eficiência. No processo de preparação de massa da cerâmica vermelha o equipamento mais utilizado é o misturador filtro, muito eficiente, porém de custo elevado. Deve-se, portanto, utilizar os equipamentos disponíveis na cerâmica para otimizar este processo.

#### **3.2.1 Desintegrador**

As argilas vêm do caixão alimentador em torrões de 20 a 30 cm. Passam pelo desintegrador, que desmancha os torrões grandes. Seu trabalho está longe de ser perfeito. Para atingir a uniformidade, precisa destorroar múltiplas vezes. O desintegrador de lâminas é indicado para argila de várzea devido ao alto índice de umidade da argila. Apresenta excelentes resultados quando bem regulados os seus cilindros, sendo que os mesmos deverão ser fechados a 3 mm.

#### **3.2.2 Homogeneizador**

Equipamento que efetua uma moagem e mistura intensa das argilas, eliminando em muitos casos os problemas causados por raízes. Com a regulação da abertura das grelhas a massa tende a granular facilitando sua trabalhabilidade.

#### **3.2.3 Misturador**

No misturador, as facas intercaladas que giram em sentidos opostos cortam e desmancham os torrões já menores de 30 cm. Na saída de um misturador, temos torrões de 2 a 3 cm e uma mistura de cor uniforme. Caso a cor não seja uniforme, o produto apresentará retrações e absorções diferentes ponto a ponto (deformações).

A hidratação feita do misturador é rápida. Em segundos, passamos do misturador ao laminador e a maromba. Com um sistema desse tipo é indispensável o sazonoamento prévio durante semanas. Lote a lote, o teor de água precisa ser controlado, levado até o valor desejado, aprovado e liberado.

Destorroar e laminar em operações sucessivas são os desafios da qualidade de uma preparação de massa sem moagem. É fundamental chegar na maromba com uma composição química uniforme em todos os pontos do produto.

#### **3.2.4 Laminadores**

O objetivo dos laminadores é esmiuçar e desagregar os grãos maiores e os torrões. Cada laminador é composto de dois cilindros que se aproximam até uma distância precisa e controlada. Os grãos maiores, acima de 1 mm, contidos na argila causam desgastes dos cilindros. A maior alimentação no centro da esteira causa desgaste na metade do cilindro. Para reduzir essa tendência, usa-se uma faca niveladora na esteira e a matéria-prima será distribuída ao longo do cilindro. Os cilindros precisam ser retificados a cada semana. À distância entre os cilindros se mede com um pedacinho de estanho e um paquímetro e deve ser feita semanalmente.

#### **3.2.5 Misturadores e laminadores múltiplos**

Para produtos sem deformações internas é indispensável que a composição química seja uniforme na peça toda. Para isso, é importante misturar e laminar bem a massa. É importante

nesta etapa evitar excesso de água. Uma preparação bem projetada deve prever os espaços para esses misturadores e laminadores adicionais.

### 3.2.6 Enxada rotativa

Equipamento pouco conhecido dos ceramistas e muito utilizado na lavoura. O seu processo de corte e mistura através das lâminas em alta velocidade proporciona uma mistura homogênea e de baixo custo. Acionado através de um trator agrícola proporciona redução da massa e ao mesmo tempo, reduz o tamanho da mesma facilitando a mistura entre outras argilas.

## 3.3 Influência no produto final

A qualidade do produto está diretamente ligada ao processamento da composição da massa. Quanto mais se prepara uma massa cerâmica, mais qualidade o produto terá e mais produtividade se alcançará.

A composição da massa deve manter uma percentagem de resíduo constante, pois, a manutenção da mesma mantém a massa homogênea sem alterações no índice de plasticidade, estabilizando todo o processo, reduzindo problemas com regulagem de boquilha, diferenças de tamanho, tonalidade, resistência mecânica, variações na amperagem, velocidade de secagem e de queima.

Os principais motivos para se efetuar o preparo da massa cerâmica são:

- Homogeneizar a mistura das argilas;
- Facilitar através do descanso da mistura uma maior absorção de água pelo grão argiloso;
- Reduzir o tamanho de grãos;
- Controlar o percentual de umidade da mistura;
- Controlar o percentual de resíduo na massa;
- Reduzir a quantidade de sais solúveis;
- Auxiliar a decomposição da matéria orgânica;
- Melhorar a trabalhabilidade da massa;
- Reduzir o esforço e o desgaste dos equipamentos;
- Padronizar a qualidade da massa cerâmica;
- Proporcionar maior regularidade nas características e nas propriedades dos produtos;
- Aumentar a produtividade;
- Economizar energia;
- Controlar a retração de secagem.

## 4 EXTRUSÃO

Extrusão é o processo pelo qual se dá forma a um produto cerâmico através da passagem de massa plástica, ou semifirme, pela abertura, na seção transversal do objeto extrudado.

A obtenção de produtos pelo processo de extrusão consiste em compactar uma massa plástica numa câmara de alta pressão equipada com sistema de desaeração (vácuo), contra um molde (boquilha), de formato desejado.

A primeira condição para se obter um bom resultado na extrusão é garantir que o material a ser conformado apresente as mínimas variações possíveis, tanto na composição (plasticidade), como na preparação (granulometria) e no seu teor de umidade.

Para o equipamento de extrusão e seus periféricos (bomba de vácuo), é de vital importância que esteja em perfeitas condições de uso, e seja parte integrante de um sistema devidamente implantado de manutenção preventiva.

São conhecidos três sistemas diferentes para extrusão: pistão, cilindros e hélices. O sistema com pistão tem com característica a grande velocidade e pressão em toda a seção de saída, porém, seu fluxo não é contínuo impossibilitando a utilização de vácuo.

O sistema com cilindros apesar de apresentar fluxo contínuo de alimentação e poder com isso utilizar-se do sistema de desaeração (vácuo), o mesmo apresenta diferenças de velocidade e pressão na saída e ainda não permite uma boa homogeneização da mistura.

O sistema com hélice permite boa homogeneização, utilização de sistema de vácuo, fluxo contínuo e distribuição de pressão na saída do material. Este é o sistema mais utilizado nas extrusoras da indústria cerâmica vermelha.

Devido ao seu funcionamento simples são as mais requisitadas para utilização no mercado, tem como fatores de importância a facilidade da união e saída da massa pelos bocais, de onde depende da % de umidade e da quantidade das argilas empregadas, outro fator é a câmara de vácuo que provoca a expulsão da água, exposto a massa à ação do vapor de água.

A umidade de trabalho nas massas pode variar de 18 a 30% conforme a extrusora e o tipo de argila utilizada.

#### **4.1 Extrusora ou maromba**

A extrusora tem a função de homogeneizar, desagregar e compactar as massas cerâmicas dando forma ao produto desejado; geralmente, é constituída de carcaça metálica, cilíndrica, percorrida internamente por um eixo giratório, a movimentação é fornecida através do acionamento de motor elétrico em conjunto com um sistema de engrenagens ou polias.

As massas pastosas ou semifirmes são colocadas em bocal alimentador e imediatamente levadas através de dispositivos propulsores que, comprimem a massa à boquilha que, de maneira orientada dá formato os produtos de cerâmica vermelha.

A extrusora é um equipamento de alta tecnologia que possui os seguintes elementos: alimentador-misturador, calcadores, grelha, câmara de vácuo, caracol helicoidal, pentes, ponteira de hélice, camisa acanalada e boquilha.

#### **4.2 Alimentador – Misturador da maromba**

A parte inicial do alimentador da maromba é parecida ao misturador de facas da preparação de massa. A massa passa do misturador de facas a um primeiro caracol helicoidal que extruda sobre a grelha. Na grelha são retiradas as raízes e acontece a extrusão dos pequenos cilindros de massa. A finalidade da primeira extrusão é fragmentar a massa no interior da câmara de vácuo, a fim de facilitar a saída do ar.

#### **4.3 Cortadores**

São utilizados para dar a dimensão desejada às massas extrudadas, podem ser manuais ou automáticas.

Ao sair da boquilha, a massa se movimenta sobre o transportador de rolo, que é geralmente de material plástico duro. Os fios cortadores são esticados em quadro móvel, espaçados de acordo à medida requerida. O corte manual é feito transversalmente ao bloco de massa passando entre os roletes.

Os cortadores automáticos são utilizados das seguintes maneiras:

- O corte vertical rápido, onde o fio cortante é ascendente e regressa a sua posição primitiva

- pelo mesmo corte efetuado;
- O corte horizontal rápido, onde o fio cortante pode regressar a sua posição primitiva pelo mesmo corte, ou voltar repetindo a operação inversa.

As peças cortadas podem ser retiradas manualmente ou automaticamente em prateleiras para os secadores.

#### **4.4 Bomba de Vácuo**

Um poderoso sistema de vácuo, capaz de atingir de 85% a 93% da pressão atmosférica, constitui ponto de destaque do processo da extrusão. As massas tratadas a vácuo proporcionam melhora na trabalhabilidade devido ao fator físico, bem como as reações físico-químicas existentes entre a água e a superfície do grão; por outro lado é a melhora obtida devido à elevação de tensão de vapor de água que, por seu estado gasoso, penetra mais rápido e mais profundamente no interior dos grãos da massa, tendendo a aumentar a sua resistência mecânica a cru em torno de 65%, depois de cozidas a porosidade diminui em 40% e sua resistência mecânica aumenta em 12%.

Existe ar dentro da argila plástica. O ar é fácil de aprisionar na massa consistente. A câmara de vácuo exerce uma sucção e retira o ar entre os pequenos cilindros de massa e também o ar interno dentro de cada um deles. Assim, quando os pequenos cilindros encontram a pressão de empurre do caracol de segunda extrusão, a lata pressão de massa age em conjunto com a baixíssima pressão de ar. Nada de ar permanece dentro da massa, impedindo que se uma. A massa forma um produto sem vestígios de “solda plástica”.

Pode-se imaginar o vácuo maior ou menor que obtemos dentro da câmara como um equilíbrio dinâmico entre o ar que está constantemente entrando, trazido pela alimentação, e o ar que está constantemente saindo, levado pelo tubo de sucção da bomba de vácuo. A grelha de entrada (onde se formam os cilindros de massa) e a boquilha de saída (onde acontece à extrusão final) completam o fechamento da câmara de vácuo pressionada pela massa.

#### **4.5 Boquilha**

É o elemento essencial para a formação de peças extrudadas, em princípio, consiste em uma placa perfurada com pequena conicidade para saída de massa. Através da deformação plástica facilita sua passagem pela abertura, dando formato ao produto. Dentre os problemas surgidos durante o processo de extrusão, a maioria dos casos é devido à fabricação imperfeita das boquilhas e a variação de velocidade da massa que está dentro da extrusora. O ideal seria a saída da massa com velocidade igual em todas as cavidades do bocal. O roçar produzido pelas paredes laterais é sempre maior daquele produzido no centro, portanto, a massa sai mais rápido no centro do que pelas laterais.

Depois de cortadas as peças, apresentam-se perfeitas aparentemente, submetidas a secagem, apresentam-se com fendas e empenamento. Estes defeitos também são produzidos pelo mau equilíbrio da boquilha.

Para o equilíbrio, comumente são colocados freios metálicos no início da boquilha. Portanto, é conveniente observar a relação da velocidade entre a periferia e o centro da boquilha, observar a concavidade onde, quando com cortes convexos indicam uma saída mais intensa de material pelo centro, sendo este o método mais comum.

As boquilhas devem ser de fácil desmontagem, facilitando assim o desentupimento de impurezas de massa, tais como raízes que se fixam comumente entre os orifícios, abrindo a massa extrudada.

Para evitar defeitos de conformação de massa na saída da boquilha, tais como a formação de dentes, procura-se facilitar a saída de massa, nos ângulos, alargando os mesmos na espessura do interior do bocal, facilitar a passagem da massa utilizando como lubrificante a água, se necessário, frear com chapa a saída da massa, nos locais onde sai rapidamente, melhorar a trabalhabilidade e sua resistência à tração.

#### 4.6 Rendimento volumétrico da maromba

É o volume extrudado real calculado como porcentagem do volume geométrico teórico deslocado pelo caracol. As bordas helicoidais do caracol não estão delimitadas por um cilindro. Às vezes existe uma conicidade nas últimas espirais próximas da boquilha. Para calcular o volume bruto do caracol, calculamos o cilindro, somamos o tronco de cone que delimita o caracol, descontamos o volume do eixo, descontamos o volume da espiral do próprio caracol. Temos assim o volume líquido da parte vazia do caracol, ocupada por massa (este dado pode ser obtido pelo fabricante da maromba). Esse volume, em litros, multiplicados pelas rpm, dá o volume geométrico teórico que se desloca pelo caracol em direção à boquilha, a cada minuto. O rendimento volumétrico da maromba é a porcentagem do volume deslocado que efetivamente sai pela boquilha.

O volume real extrudado é o “volume líquido” da massa dos blocos, descontados os vazados internos. O volume líquido de um bloco vazado é a área líquida do seu perfil transversal, multiplicada pelos metros lineares extrudado por minuto. Tem-se, assim, a fórmula para calcular o rendimento volumétrico:

$$\text{Rendimento Volumétrico (\%)} = \frac{\text{Litros de massa extrudado por minuto}^*}{\text{Litros geométricos deslocados por minuto}} \times 100$$

\* metros lineares de blocos por minuto x 100 cm x área líquida do bloco (cm<sup>2</sup>) = cm<sup>3</sup> por minuto  
cm<sup>3</sup> extrudado / cm<sup>3</sup> por litro = litros de massa extrudado por minuto

#### 4.7 Conformação da peça

A conformação da peça vem após a preparação da massa. Muitos defeitos são repercussões de um gerenciamento incorreto da matéria-prima, anteriores à conformação. Existem também causas que agem no momento exato da conformação da peça. São variáveis que precisam ser controladas para formar peças perfeitas.

Os métodos de conformação nas Indústrias Cerâmicas da Extrusão são:

- Blocos: extrusão e corte.
- Telhas: extrusão e prensagem plástica.

#### 4.8 Influência no produto final: Conformação dos blocos e telhas

A conformação de um bloco perfeito ocorre a partir de uma boquilha com as dimensões centralizadas para a retração média da massa, extrudando uma massa com pouca deformação (uma massa dura), com retração baixa e variação estreita do teor de água (pouca variação dimensional) e corte preciso.

A alvenaria cerâmica de qualidade tem como objetivos blocos grandes e leves, que permitem alta produtividade de construção, em formatos padronizados, com dimensões precisas que permitam execução rápida de alvenarias com prumo perfeito e pouco consumo de reboco. Isso se consegue com controle de qualidade rigoroso.

As variáveis que influenciam na forma dos blocos são as seguintes:

- Perfil das velocidades de extrusão;
- Convergência ou divergência no avanço da coluna de massa;
- Velocidade de avanço centrais e periféricas;
- Massa dura ou massa mole;
- Consistência irregular ponto a ponto (massa sem sazonalidade);
- Massa só de argila ou massa com estrutura interna.
- Velocidades de extrusão desencontradas provocam deformações sistemáticas.

A variação no teor de água momento a momento provoca deformações aleatórias. O excesso de água racha o bloco excessivamente mole porque retrai primeiro pelos lados antes que retraia o centro mole do bloco. Os lados ficam duros e côncavos. O bloco se abre acompanhando os lados que encolhem e desenvolve trincas longitudinais de secagem.

Massas com 100% taguá é muito mole quando estão com excesso de água. Tanto, que deformam até sob efeito do arame cortador (o corte gera bordas curvas). A forma do corte é um indicador da consistência que tinha a massa quando foi cortada. É possível observar após a queima a consistência de uma massa que estava mole demais no momento do corte. Massas com estrutura interna proporcionada por materiais saibrosos deformam menos. O corte fica “arranhado” em presença de grãos grossos (laminador gasto).

Ocorre por extrusão seguida de prensagem plástica. A telha é uma peça com formas complexas, com sobreposição parcial entre peças e com encaixes repetitivos nas quatro direções. Os encaixes garantem a estanqueidade. Telhados com encaixes perfeitos decorrem de moldes cuidadosamente projetados e executados. Telhas com dimensões dentro da norma dependem de encomendar os moldes para a retração média da massa. Este dado se obtém com levantamentos estatísticos de dimensões médias em verde e queimado. A qualidade depende de um controle de qualidade implantado.

A metodologia da encomenda de moldes é importante por três motivos:

- O ajuste fino do molde é fundamental para cumprir as dimensões NBR (Normas Brasileiras);
- O desenvolvimento de novos modelos traz valor agregado;
- Um projeto cuidadoso previne possíveis defeitos nos telhados.

Quando se desenvolvem modelos especiais que não seguem uma norma brasileira, é fundamental criar uma norma interna e um projeto cuidadoso para entregar ao fornecedor de molde.

O processo de conformação das telhas se inicia pela extrusão dos bastões. A altura, largura e comprimento do bastão estão projetados cuidadosamente para um mínimo de retornos de massa. O bastão passa por uma aplicação de líquido desmoldante. O excesso de desmoldante gera fissuras na face da telha. O objetivo da prensagem é dobrar o bastão acompanhando a forma do molde. Nos lados que a dobra abre a massa, podem se manifestar leves fissuras paralelas aos ângulos de maior dobra (serrilhas). A massa com excesso de plasticidade não desenvolve serrilha, porém, prejudica a facilidade de secagem.

O cortador regulável corta a telha e quatro rebarbas em forma de quatro meias luas caem pelos quatro lados. É indispensável que existam folgas entre macho e fêmea para extrudar essas quatro meias luas por que a prensagem é uma extrusão. A saída de massa deve acontecer em toda periferia da peça. Caso isso não aconteça, a telha trincar-se-á nos extremos com trincas de prensagem.

É preciso manter um controle sobre o peso da telha e o peso bastão para reduzir despesas de matéria-prima, tempo de secagem, consumo de combustível nos fornos e custo de transporte.

## 5 SECAGEM

Secagem é a eliminação, por evaporação, da água de formação das peças, através do ambiente aquecido. As peças cerâmicas são consideradas tecnicamente secas, se ainda resta de 1% a 2% de umidade residual. A massa cerâmica a secar consiste numa mistura de materiais inorgânicos, com um conteúdo de água que vai até aproximadamente 30%, distribuídas mais ou menos uniforme em toda a massa.

A secagem de uma massa cerâmica é influenciada por diversos fatores como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e aplicação da direção do ar, a densidade de carga, a composição granulométrica da massa, forma, dimensão e método de conformação das peças.

A colocação das peças para secagem obedece a critérios específicos, pois a disposição e arranjo das mesmas favorecem a secagem. A condição ideal seria aquela em que o centro da peça estivesse com temperatura superior a da superfície. Dessa maneira, a tensão de vapor forçaria a difusão de umidade até a superfície.

Argilas muito plásticas e de granulometria muito fina necessitam de grande quantidade de água de amassamento e, portanto, experimenta uma elevada contração de secagem. A velocidade de secagem torna-se lenta, pois, a massa apresenta textura muito compacta, o que dificulta a migração de água até a superfície.

A velocidade de saída de água, no início da secagem é rápida e a peça tem grande contração. À medida que os grãos se encostam uns nos outros, a contração diminui até chegar ao ponto crítico. Neste ponto, a massa já não contrai mais e a velocidade de secagem passa a decrescer. É a saída da água dos poros.

Para facilitar a secagem das massas argilosas muito finas, é preciso colocar um material de granulação mais grossa (chamote moída, argilas mais arenosas, etc.). No início da secagem deve-se aquecer a peça cerâmica com calor úmido (de 30°C à 40°C) e umidade relativa de 85% a 90%, a fim de proporcionar um aquecimento homogêneo até o interior da massa. Em seguida renova-se o ar, mais quente e menos úmido, a fim de eliminar toda a umidade da peça.

Deformações e trincas podem ocorrer quando a secagem inicial é muito rápida. Também podem ocorrer “estouros” e rupturas quando existir ar diluído no interior das peças, durante a secagem rápida.

### 5.1 Avaliação do comportamento de secagem

#### 5.1.1 Contração

Está relacionada com o conteúdo de umidade da massa. As massas magras têm menor contração quando relacionadas com as plásticas. Na medida da sensibilidade de secagem, a contração tem grande significado juntamente com outros ensaios.

#### 5.1.2 Resistência à flexão a seco

É feito em 3 ou 4 corpos-de-prova, obtendo-se uma média dos valores encontrados. Este valor indica o grau de coesão, da compactação do material e da presença de pontos de descontinuidade.

Quando a resistência à flexão a seco for inferior a 20 kgf/cm<sup>2</sup>, o material resultante é muito magro e poderá quebrar durante o processo. Quando a carga de ruptura for superior a 75 ou

80 kgf/cm<sup>2</sup>, o material é plástico e compacto.

### 5.1.3 Índice de fissuração

É uma prova de carácter experimental. Utiliza-se uma placa com dimensão inicial de (100x200x10) mm, moldada a úmido, que é colocada num secador com ventilação forçada, com velocidade de 1,5 m/s e a temperatura de 75°C, de modo a acelerar a secagem. Mede-se a distância intercorrente entre duas trincas sucessivas e considera-se um valor numérico em centímetros, como sendo o índice de fissuração.

O comportamento da massa seca e o índice de fissuração são quase sempre muito significativos para estabelecer os procedimentos de secagem dos materiais argilosos.

### 5.1.4 Prova de secagem rápida

O material é colocado num secador, por um período de 1 a 5 horas. A secagem rápida só é prevista para as matérias, de espessuras finas e para telhas. As provas são colocadas em ciclos de secagem variáveis e no final são submetidos à ruptura à flexão, tabulando-se os resultados. Pode-se concluir uma curva, com a carga de ruptura em ordenada e o tempo de secagem em abcissa. A resistência mecânica é diminuída com o aumento da velocidade de secagem.

### 5.1.5 Composição granulométrica

É uma das mais significativas provas para a determinação da estrutura interna da massa argilosa. Consiste no conhecimento das dimensões granulométricas das partículas elementares, expressas em percentagem.

A atividade física e química das massas está muito ligada com a extensão superficial, que depende da finura menor ou maior dos grãos.

Nos processos de secagem e queima, a saída da água e dos elementos gasosos pode ser mais ou menos difícil, segundo a compactação da massa. Pouca diferença no diâmetro dos grãos confere a formação de poros, mais no caso de grãos grossos, do que de grãos finos. Quando se faz uma composição granulométrica, a massa torna-se menos porosa.

## 5.2 Tipos de secadores

A secagem das peças cerâmicas pode-se realizar ao natural ou em secadores controlados. Na secagem natural, as peças são colocadas em locais abertos, expostas à ventilação e ao calor.

Este tipo de secagem é demorado, necessita de muito espaço coberto para o armazenamento das peças e acarreta manipulação excessiva do material. Para a utilização deste tipo de secagem deve-se ter em conta alguns fatores:

- As peças não devem ser colocadas em pilhas já que nesta fase ainda não tem resistência suficiente. Devem ser colocadas em estantes ou prateleiras deixando espaço entre elas para circulação de ar. A base de apoio deve ser plana, mas com pouca superfície de contato para permitir as contrações, especialmente em peças largas;
- As zonas de secagem mais afetadas por correntes de ar ou pelo sol devem ter proteções adequadas;
- A finalidade da secagem artificial é promover a secagem rápida e segura com um mínimo de deformação.

Os secadores podem ser classificados em duas categorias: secadores intermitentes e contínuos. Caracteriza-se pelo tipo de circuito que os alimenta: circuito aberto (se o ar se

renova continuamente por tiragem natural ou forçada) e circuito fechado (se o ar é obrigado a passar várias vezes pelo material com tiragem forçada).

### 5.2.1 Secadores intermitentes

O secador intermitente mais comum é o de câmara, alimentado com ar quente fornecido por uma fonte de calor (gerador próprio ou recuperação do calor do forno). O material é colocado em prateleiras por processo manual ou mecânico e as peças devem ser espaçadas segundo o sentido da corrente dos gases quentes, maximizando a superfície exposta e uniformizando a velocidade de secagem.

De acordo com a passagem dos gases quentes pelo material, os secadores podem ser equipados com ventiladores fixos e móveis.

### 5.2.2 Secadores contínuos

O secador de funcionamento contínuo típico é o túnel, utilizado numa vasta gama de materiais cerâmicos por motivos de ordem técnica e econômica, tais como:

- Condições de temperatura e umidade relativa, ao longo do secador, adequado às várias fases de secagem do material, o qual vai secando conforme o avanço no secador. Estas condições são fixas no tempo, enquanto que nos secadores intermitentes estas variam desde o início ao fim do ciclo de secagem;
- Utilização do mesmo tipo de vagonetas que são usadas na queima no forno túnel, com a vantagem de evitar a manipulação no transbordo do material;
- Obtenção de rendimentos térmicos mais elevados.

O secador túnel pode ser alimentado com fluxo de ar longitudinal ou transversal. No primeiro caso o ar quente é injetado nas proximidades da porta de saída do material, cede calor e incorpora vapor, resfriando progressivamente e aumentando o teor de umidade. O primeiro impacto sofrido pelo material na entrada do secador é um ambiente úmido, obtendo-se assim uma atmosfera com condições de evaporação controlada.

Para que as condições de secagem ao longo do túnel permaneçam constantes e correspondam a valores ótimos de temperatura e umidade, é indispensável a permanente introdução de ar quente na mistura ar/vapor de uma zona para outra.

No túnel com fluxo transversal, movido por ventiladores helicoidais reversíveis, o ar entra na galeria e sai alternadamente por condutas laterais internas às paredes, que o distribuem por toda a altura do secador. O pequeno percurso realizado pelo ar, ao atravessar a largura do túnel, comporta uma diferença mínima nas suas características (umidade e temperatura), entre a entrada e saída, estabilizando a atmosfera ao longo da galeria. A inversão de corrente ocorre em intervalos regulares e, naturalmente, a uniformidade de secagem é mais acentuada quanto mais freqüente for a inversão.

Na fase de secagem podem ser enumerados alguns dos fatores mais importantes para a economia de energia:

- Colocação de medidores de umidade e temperatura: como foi visto, a primeira fase de secagem deve ser efetuada com pouco calor e muita umidade, para aquecer toda a peça sem haver evaporação de água, evitando a ocorrência de trincas e quebras. A localização destes aparelhos de medida é importante e crítica. É essencial que sejam colocados em posições que possam medir com exatidão as condições ambientais em cada momento.
- Recuperação de ar quente do forno, da fase de resfriamento, extraindo o ar por meio de exaustores e injetando nos secadores através de entradas na parte inferior, empregando ventiladores para a circulação interna do ar dentro do secador. É necessário que a estufa

tenha uma chaminé para a retirada do ar úmido, e que se garanta a drenagem da água condensada.

- Isolamento de toda a tubulação que transporta o ar quente do forno para o secador. Estes isolamentos térmicos feitos de lã de vidro recobrimo a tubulação permitem uma menor perda de calor para o ambiente, sendo a recuperação mais eficiente.
- Vedação das portas da estufa, não permitindo a saída de calor e umidade, nem a entrada de frio o qual seria prejudicial ao secar o material.

### **5.3 Influência no produto final: Empenamento e Trincas**

Os defeitos produzidos na secagem são causados pela contração da massa. São várias as maneiras de evitar estes defeitos, causados pela variação de volume, que sofre a peça cerâmica, quando a água é removida.

Uma contração diferenciada produz tensões internas, que se manifestarão na forma de trincas visíveis, durante a secagem ou invisíveis, que se propagam durante a queima.

As massas argilosas, com elevada contração, são propícias às tensões internas e, conseqüentemente as trincas de secagem. Estas tensões, freqüentemente, são produzidas pela distribuição irregular da água na peça e, por secagem muito rápida, principalmente no caso de peças com grandes espessuras e de formatos irregulares.

O empenamento é causado por tensões produzidas durante a formação das peças e, também, por diferença de secagem. Se uma parte da peça seca antes que a outra, torna-se rígida pela contração diferenciada, que puxa a parte plástica, deformando-a.

As trincas são pequenas fissuras causadas pela secagem rápida. Geralmente se iniciam nas bordas e propagam-se até o centro da peça. Apresentam uma textura áspera e o formato de um aflente, sendo mais aberta na borda, que no centro.

## **6 QUEIMA**

A queima é uma das etapas mais delicadas do processo cerâmico. Eventuais defeitos originados nas etapas anteriores revelam-se somente quando o material é queimado.

Consiste em submeter às peças conformadas e secas a uma dada temperatura para que elas adquiram as propriedades desejadas, dentro dos valores especificados. Na cerâmica vermelha os produtos são queimados em fornos a uma temperatura entre 850°C e 1050°C.

A peça crua quando colocada em forno sofre os defeitos do aquecimento, durante o qual ocorrem alguns fenômenos que exigem cuidados:

- Pouco acima de 100°C inicia-se a eliminação da água higroscópica remanescente, a água que permaneceu se a secagem não foi absoluta ou se o corpo absorveu umidade do ambiente externo durante o tempo de saída do secador e entrada no forno;
- A cerca de 200°C ocorre a eliminação da água coloidal, a água fica ligada a partícula argilosa e que permanece mesmo após a secagem;
- De 350°C a 650°C ocorre a queima de substâncias orgânicas presentes na massa, como também a dissociação de compostos sulfurosos e ainda a liberação, na forma de vapor, da água de constituição das argilas (águas quimicamente combinadas na caulinita);
- Em temperaturas próximas a 570°C dá-se a transformação do quartzo, acompanhada de uma expansão (durante o resfriamento ocorre à contração);
- Entre 870°C e 900°C os carbonatos decompõem-se e liberam CO<sub>2</sub>, acima de 700°C desenvolvem-se as reações químicas da sílica e da alumina com os elementos fundentes, havendo formação de complexos sílico-aluminosos, que são exatamente os que trazem a

- dureza, resistência e estabilidade ao corpo cerâmico;
- Acima de 1000°C os compostos sílico-aluminosos, que estão na forma vítrea, começam a amolecer e o corpo cerâmico pode escoar, deformando-se.
  - Além da temperatura, o tempo de queima é fundamental para que as reações aconteçam e se tenha um bom produto. Não existem tempos nem curvas-padrão de temperatura, já que esses parâmetros variam com o tipo de forno, argila e com a eficiência de queima.
  - Durante a queima é importante controlar a velocidade com que a temperatura aumenta ou diminui ao longo do tempo. Deve-se ter esse cuidado devido à expansão e contração que as peças sofrem durante o aquecimento ou resfriamento.

A combinação do tempo total de queima com a temperatura, além de ser muito importante na qualidade final do produto, tem influência no consumo de energia.

O alinhamento dos queimadores dos fornos e a sua regulação são outros fatores fundamentais para uma boa homogeneização do calor no interior câmara. Calor mal distribuído pode resultar em peças, na mesma fornada, cruas, sobrequeimadas ou boas, dependendo do posicionamento do forno.

## 6.1 Equipamentos para a queima

A queima das peças cerâmicas é feita em fornos. Para a indústria cerâmica existem dois tipos básicos de fornos: os intermitentes e os contínuos.

### 6.1.1 Fornos intermitentes ou periódicos

Pode ser de câmara ou mufla. Seu processo de queima consiste em carga manual, aquecimento até uma determinada temperatura, patamar na temperatura máxima desejada e resfriamento. Esses fornos caracterizam-se por baixas produções, elevado consumo de combustível e de mão de obra. São fornos onde a temperatura não é uniforme em toda a câmara, de modo que se observam diferentes graus de queima do material, em função da localização da peça durante o processo de queima. Normalmente são construídos por câmaras circulares ou retangulares, paredes e com teto em forma de abóbada, todos constituídos com tijolos de alvenaria comuns.

O material cru é carregado manualmente, empilhado sobre o piso, até o preenchimento de toda a câmara. Em seguida, as portas são fechadas com tijolos queimados e vedadas com argila. As fornalhas situam-se nas paredes laterais da câmara e o seu número varia com o tipo de forno. Quando há recuperação de ar para a secagem são construídos canais subterrâneos ligando o forno à chaminé e aos secadores. As chaminés podem servir para a secagem a mais do que um forno.

O processo de queima inicia-se lentamente, aquecendo gradualmente todo material, evitando-se assim o aparecimento de trincas que podem surgir devido ao aquecimento brusco. Em seguida a temperatura do forno deve ser elevada até a adequada para queima, onde então surge o problema de diferença de temperatura entre a zona superior e a inferior da câmara de queima do forno. Embora existam zonas de temperaturas diferentes, a leitura de temperatura deve ser efetuada sempre no mesmo ponto, garantindo que todas as queimas vão se processar do mesmo modo. Após atingir a temperatura máxima de queima inicia-se um patamar, permitindo uma maior uniformidade de temperatura no forno e possibilitando o processamento das reações químicas.

Vantagens dos fornos intermitentes:

- São simples e fáceis de construir;
- Operam com combustíveis de energia renováveis;

- O investimento é adequado para pequenas empresas;
- Adaptam-se facilmente aos mais variados combustíveis econômicos.
- Desvantagens dos fornos intermitentes:
- Não são adequados para produção em grande escala;
- A uniformidade da queima depende do desenho correto do crivo e da limpeza periódica do mesmo;
- A qualidade depende muito da maneira de conduzir a queima;
- A qualidade depende de aguardar que o calor chega na camada inferior;
- A qualidade depende de ensinar a achar o ponto de queima certo;
- Precisa de treinamento, habilidade e experiência;
- Não é suficiente operar com uma planilha sem entender a curva de queima.

#### 6.1.2 Fornos contínuos tipo Hoffmann

Neste tipo de forno, o material é fixo e o fogo é móvel. O forno atualizado é constituído por duas galerias paralelas, unidas nas extremidades por uma passagem de fogo, tendo nas laterais as portas, por onde se faz a enfora e desenfora dos produtos. O fogo é alimentado pelas boquetas, número de três ou quatro, segundo a largura da galeria e situadas na parte superior do forno (abóbada).

O combustível utilizado é a lenha, o carvão, a serragem, etc. A combustão é realizada pelo ar quente que vêm das câmaras que estão em resfriamento. Normalmente, são colocadas em queima cerca de quatro a cinco fileiras de boquetas (bancal). Os gases de combustão passam para as câmaras em preaquecimento e saem pelos canais de tiragem relativos às mesmas.

As aberturas dos registros (válvulas) são reguladas convenientemente, possibilitando um avanço horizontal dos gases ao longo da carga enforada.

O arranjo das peças deve possibilitar a movimentação dos gases em direção à chaminé, de tal maneira que o calor se distribua tanto na parte superior, como na parte inferior. Um arranjo mal feito acarreta uma combustão incompleta da lenha ou do carvão, verificada pelo acúmulo do carvão, juntamente com as cinzas após a queima. Isto é devida, também, a regulagem inadequada da tiragem. Portanto, a tiragem e o arranjo das peças são os elementos que regulam o bom funcionamento do forno.

É muito importante que o sistema de enfora das peças seja adequado, para o bom funcionamento do forno. Este sistema varia consideravelmente segundo o tipo de forno utilizado. A tendência moderna é diminuir a altura dos fornos para evitar cargas altas e deformações pelo próprio peso das peças e o excesso de temperatura. A altura da carga não deve ultrapassar 1,5 m para não dificultar o arranjo pelos operadores.

O isolamento dos produtos enforados diante do fogo é feito por meio de papel fixado pela depressão no interior da galeria, devido à tiragem da chaminé.

Este tipo de forno tem vantagens por que ao mesmo tempo em que ocorre a queima, verifica-se a enfora e desenfora do material e também por que os gases da combustão realizam o pré-aquecimento do material a queimar. Outra vantagem é a recuperação de calor das câmaras que estão em resfriamento para a zona de queima ou ainda, direto para secagem dos produtos nos secadores.

De um modo geral, utiliza-se apenas 60% do espaço útil do forno, que será ocupado por tijolos. Os espaços ociosos dos tijolos permitem a passagem do fogo e a tiragem da chaminé. A perfeição do enforamento é obtida pelo número máximo de peças enforadas, com uma tiragem perfeita.

Para evitar defeitos de queima é preciso verificar:

- Que o arranjo das peças possibilite a livre passagem do fogo. No caso de tijolos furados, estes podem ser encostados, pois os furos já permitem a passagem do fogo e no caso de tijolos maciços deve-se separá-los. Deixa-se espaço livre para a passagem do combustível e a realização da combustão.
- As correções devido às variações atmosféricas (tempo e vento) devem ser feitas por meio da alimentação do combustível e a regulação das tiragens, caso da tiragem por chaminé.
- As vantagens e desvantagens do forno Hoffmann:
- Adaptabilidade a diferentes materiais primas, o fogo pode ser adiantado ou retardando a vontade mediante registro;
- O forno túnel é mais fácil de conduzir;
- O Hoffmann tem uma operação toda cheia de revezamento. Isto é o complicador.
- O túnel tem menos carga morta, somente as vagonetas são intermitentes.
- O Hoffmann é contínuo, suas paredes e pisos são intermitentes.

### 6.1.3 Fornos contínuos tipo túnel

Fornos contínuos tipo túnel: O forno túnel de chama livre é constituído por uma longa galeria retilínea, com altura relativamente pequena, comparada com o comprimento, que pode chegar até 140 metros.

Nestes fornos, o material é que se movimenta, enquanto o fogo fica fixo. O material a queimar é colocado sobre vagonetas, que percorrem lentamente a galeria, de uma extremidade a outra, sobre trilhos, empurradas com velocidade contínua, por um pistão hidráulico, colocado na extremidade da entrada. Em intervalos regulares, uma vagoneta é introduzida na galeria e, na extremidade oposta outra é retirada. A velocidade das vagonetas é contínua e uniforme com relação ao tempo, salvo o tempo para retorno do propulsor que é aproveitado para se introduzir outro carro no forno.

As vagonetas são constituídas de parte metálica na parte inferior, com rodas que sustentam um estrado refratário, com isolante e, na parte superior o material é empilhado, deixando-se livre através dos quais passam as chamas e os produtos de combustão. Muitos fornos possuem um porão sob si, que serve para inspeção e desobstrução de material.

Os carros com a carga atravessam lentamente o túnel, em contra corrente com os gases de combustão, produzindo-se assim, o pré-aquecimento. Esses gases são gerados pela queima de combustível, na zona central do forno que é mais larga e que é denominada de zona de queima. Nela se atinge a máxima temperatura, mantida por certo tempo, até chegar à zona de resfriamento, onde os carros cruzam em contra corrente com um fluxo de ar, que por sua vez se aquece e é aproveitado para secagem de produtos cerâmicos e parte vai para a combustão.

A finalidade dos fornos é aquecer todas as superfícies das peças de forma gradual e uniforme, para que ocorram as transformações físico-químicas, dando origem ao corpo cerâmico para os resultados sejam favoráveis, os produtos devem estar bem secos durante a enfora e a queima deve ser conduzida mediante uma curva de temperatura-tempo adequada para cada tipo de massa e com uma atmosfera conveniente.

Nos fornos túneis, distinguem-se quatro zonas: pré-aquecimento, queima, resfriamento rápido e lento.

Na zona de queima está situada a câmara de combustão. Os produtos da combustão são sugados pelo canal de tiragem, que se inicia no começo da zona de queima e termina a 3 metros antes da entrada do forno, instalando-se ali, um exaustor que puxa os gases para a atmosfera.

O sistema de tiragem funciona ao contrário do sentido da cadência e ao longo do canal os gases se esfriam. Depois de ultrapassada a zona de queima, o material é resfriado gradativamente, por meio de corrente de ar injetada pelo contravec de saída.

Na zona de resfriamento existem galerias com canais entre as duas abóbadas e nas paredes laterais, que por intermédio de um exaustor, com registros de regulagens é extraído o calor em excesso e enviado para o secador. O forno é equipado com vários dispositivos, aparelhos registradores para sua operação, a fim de uniformizar as temperaturas nos diversos pontos.

Num forno que apresenta de 8 a 10 maçaricos, com temperatura de 980°C a 1050°C, normalmente se trabalha com pressão de ar entre 800 a 580 mmCA e pressão do óleo na bomba injetora entre 0,80 e 1,00 kg/cm<sup>2</sup>.

Os combustores de óleo utilizados são do tipo de baixa pressão, onde se obtém a atomização mediante a passagem forçada do óleo por orifícios de pequeno diâmetro, sendo a pressão necessária fornecida por ar a baixa pressão. Neste caso o ar à baixa pressão é produzido por meio de ventiladores, de fácil regulagem e controle.

A atomização do óleo nos combustores é obtida com a passagem simultânea do ar pela parte interna e externa do bico atomizador. Uma pequena parte do ar de combustão é forçada contra um pequeno conjunto de palhetas fixas, onde adquire um movimento turbilhonário. Apanhando as gotículas de óleo que escoam pelo bico central de abastecimento, o ar em turbilhão forma com o óleo uma neblina óleo-ar, animada com movimento rotativo progressivo de alta velocidade. Quando esta neblina atinge a saída do atomizador entra em contato com a maior parte do ar de combustão, cujo trajeto é externo ao bico. A combustão processa-se na câmara de combustão.

As vantagens do forno túnel:

- Apresenta o consumo mais baixo de todos os fornos para blocos;
- Apresenta consumo mais baixo de todos os fornos para telhas exceto o forno de rolo para telhas especiais com formato de escamas planas.
- As desvantagens do forno túnel:
  - Vagonetas “improvisadas” ou mal projetadas apresentam manutenção excessiva;
  - Uma parte do forno ainda permanece descontínua. Portanto, crítica.
  - Não sobra para o secador aquele calor supostamente grátis que sobra com o elevado consumo dos fornos descontínuos. Precisa fornalha para o secador.

## **6.2 Influência no produto final: Choque térmico e Cor de queima**

Choque térmico causado pela presença de quartzo livre na massa cerâmica, devido a uma queda brusca da temperatura de queima na zona de resfriamento, proporcionando a peça uma trinca muito fina e um som chocho.

As diferenças de coloração se desenvolvem num ambiente sem oxidação e na seqüência progressiva do aumento da temperatura. Na baixa temperatura de queima o material fica com tonalidade bege, ou vermelha vivo em alta temperatura, porém, se houver excesso de queima o material tende a queimar devido a chamas carregadas de fuligens carbonosas.

## **Conclusões e Recomendações**

A fabricação de blocos e telhas cerâmicas sem controle dos parâmetros da matéria-prima, preparação de massa, extrusão, secagem e queima conduz a produção de peças com variação de formas e dimensões, além de variação nas propriedades físicas e mecânicas.

Para melhorar a produtividade e atender as normas técnicas às cerâmicas devem implementar diversas ações visando à busca constante da qualidade de seus produtos, tais quais:

- Implantar controles no recebimento das argilas e da mistura preparada;
- Conhecer as características e manter regularidade na mistura das argilas;
- Controlar a distribuição granulométrica, resíduo, plasticidade e umidade da massa cerâmica;
- Monitorar e homogeneizar a alimentação da mistura no caixão alimentador;
- Manter uniformidade nas lâminas da massa antes da extrusão;
- Controlar a umidade de extrusão;
- Testar todas as boquilhas previamente, verificar quadro, cavalete e ajustes;
- Regular e fazer manutenção nos equipamentos;
- Monitorar umidade e temperatura de secagem;
- Manter a regularidade na densidade de carga do secador;
- Adequar a massa cerâmica para a secagem e queima.
- Manter curva padrão de secagem e queima;
- Realizar ensaios de caracterização tecnológica com as argilas utilizadas;
- Realizar periodicamente ensaios físicos com o produto acabado.

A implantação de programas de qualidade nas empresas seja a adesão voluntária ao PSQ de Blocos cerâmicos ou a certificação de produtos requer um novo posicionamento da indústria cerâmica vermelha, e melhoria contínua no processo de fabricação para atender as normas vigentes.

#### Referências

MÁS, Edgar. **A queima cerâmica forno a forno**. São Carlos: UFSCAR: Pólo Produções, 2005.

MÁS, Edgar. **Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha**. São Carlos: UFSCAR: Pólo Produções, 2003.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. São Paulo: Edgar Blucker, 1973.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL.SP. **Processo de fabricação: cerâmica vermelha estrutural**. São Paulo: 2002.

\_\_\_\_\_. **Noções básicas de cerâmica vermelha**. São Paulo: 2003.

\_\_\_\_\_. **Processo de produção: secagem**. São Paulo: 2002.

\_\_\_\_\_. **Queima**. São Paulo: 2002.

#### Nome do técnico responsável

Luiz Carlos Bosi Tubino – Técnico de Desenvolvimento  
Patrícia Borba - Laboratorista

#### Nome da Instituição do SBRT responsável

SENAI-RS / Centro de Educação Profissional SENAI Nilo Bettanin

#### Data de finalização

23 out. 2006