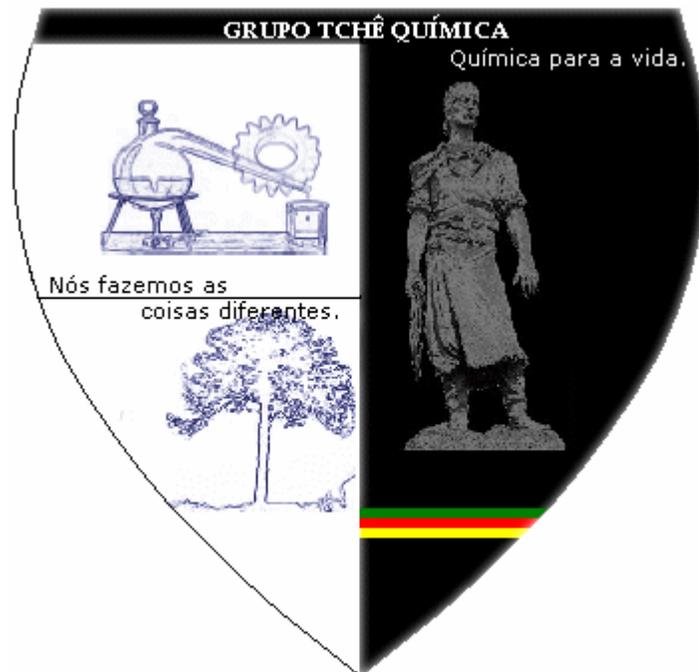


GRUPO TCHÊ QUÍMICA

Materiais Cerâmicos



Porto Alegre, RS
www.tchequimica.com

Versão 1.1

Grupo Tchê Química

Introdução.....	4
Histórico.....	4
Matérias-Primas.....	5
• Matérias-primas naturais	
• Matérias-primas sintéticas	
• Argila: características, tipos e propriedades importantes.	
Tipos de Argilas.....	10
Propriedades importantes.....	11
• Plasticidade	
• Retração	
Efeito do calor sobre as argilas.....	12
Tipos de materiais cerâmicos.....	13
• Cerâmica vermelha	
• Cerâmica ou materiais de revestimento	
• Cerâmica branca	
• Materiais refratários	
• Isolantes térmicos	
• Fritas e corantes	
Abrasivos.....	15
Vidro, cimento e cal.....	15
Cerâmica de alta tecnologia/ cerâmica avançada.....	15
Fabricação da cerâmica.....	16
Preparação dos materiais cerâmicos.....	16
• Extração do barro	
• Preparo da matéria-prima	
• Moldagem	
- A seco	
- Com pasta plástica mole	
- Com pasta plástica consistente	
- Com pasta fluida	
• Secagem	
• Cozimento (queima)	
• Reozimento	
• Esfriamento	
Tipos de fornos utilizados.....	23
• Fornos de medas ou fiadas	
• Fornos intermitentes comuns	
• Fornos intermitentes de chama invertida	
• Fornos de cuba	
• Fornos de mufla	
• Forno combinado	
• Fornos semicontínuos	
• Fornos de Hoffmann	
• Forno de túnel	

Fatores de desagregação das cerâmicas.....	26
Resistência mecânica dos materiais cerâmicos.....	27
Cerâmicas: principais etapas e ciclo de produção.....	28
Ciclo de produção.....	36
Fluxograma de produção de componentes cerâmicos	40
Materiais cerâmicos para construção.....	41
• Resumo histórico	
• Argilas	
- constituição	
- classificação	
- propriedades	
- impurezas	
Purificação da argila.....	43
• Processos mecânicos	
• Processos físicos	
• Processos físico-químicos	
Fabricação de produtos cerâmicos.....	44
Exploração das jazidas.....	44
Tratamento da matéria-prima.....	45
• Depuração	
• Divisão	
• Homogeneização	
• Umidificação	
Processos naturais de tratamento.....	45
• Mistura	
• Meteorização	
• Amadurecimento	
• Apodrecimento	
• Levigação	
Processos mecânicos de tratamento.....	46
Moldagem.....	47
Secagem.....	47
Queima.....	48
Produtos cerâmicos para a construção.....	48
• Classificação geral	
- materiais de argila	
- materiais de louças	
- materiais refratários	
Defeitos cerâmicos.....	49
• Como identificar?	
• “Coração negro”	
• Elevada absorção de umidade	
• Elevada dilatação	
• Normas técnicas	
Bibliografia.....	52

INTRODUÇÃO

A Cerâmica tem um papel importante para economia do país, com participação no PIB (Produto Interno Bruto) estimado em 1%, correspondendo a cerca de 6 bilhões de dólares. A abundância de matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais, fez com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade mundial com apreciável quantidade exportada. O setor industrial da cerâmica é bastante diversificado e pode ser dividido nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística (decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolantes térmicos. No Brasil existem todos estes segmentos, com maior ou menor grau de desenvolvimento e capacidade de produção. Além disso, existem fabricantes de matérias-primas sintéticas para cerâmica (alumina calcinada, alumina eletrofundida, carbetos de silício e outras), de vidrados e corantes, gesso, equipamento e alguns produtos químicos auxiliares.

HISTÓRICO

A cerâmica, característica comum das comunidades neolíticas (10.000 a 1.700 a. C.), tem uma estreita relação com a agricultura, pois destinavam-se ao armazenamento de alimentos. Os caçadores primitivos e os primeiros agricultores já modelavam à mão rudimentarmente recipientes de barro, secos e endurecidos ao sol.

A princípio, a função, o tipo de argila e de cozimento determinava a cor e o modelo do recipiente, mas, progressivamente, o ceramista descobriu que o fogo, alimentado por troncos e gravetos secos, podia dar aos objetos tonalidades amareladas, róseas ou esverdeadas; aos poucos, o "artista" aprendeu a controlar esses efeitos, utilizando-os para embelezar a obra.

Mais tarde, egípcios, caldeus, assírios, persas e, sobretudo chineses desenvolveram bastante a arte cerâmica. Gregos e romanos também deixaram muitas obras

em cerâmica, sobretudo de terracota (sem esmalte). Nos séculos XV e XVI surgiram grandes centros produtores na Itália e na França.

No Brasil, a partir do século I, povos ocuparam a Amazônia, confeccionando peças cerâmicas utilizando técnicas decorativas coloridas e extremamente complexas, que resultaram em peças requintadas e de rara beleza, que ficaram conhecidas como cerâmica marajoara.

As peças cerâmicas são feitas hoje, em algumas partes do mundo, com técnica e aparência não muito diferentes daqueles artefatos escavados provenientes de uma cultura milenar. A cerâmica segue leis independentes de desenvolvimento imposta sobre ela pela natureza de suas técnicas. O conhecimento técnico tem crescido lentamente por milênios, e cada estágio é impossível sem o seu precedente.

MATÉRIAS-PRIMAS

- ***Matérias-primas naturais***

O setor cerâmico é um grande consumidor de matérias-primas minerais. Seus diferentes segmentos consomem uma diversidade de substâncias minerais *in natura* ou beneficiada, cujas variedades empregadas dependem do tipo de produto e da localização da unidade fabril. O setor produtivo responsável por esse suprimento é o de minerais industriais ou não-metálicos, que congrega mais de 500 empresas, das quais cerca de 200, atendem ao setor cerâmico. Neste setor verifica-se a convivência de diferentes tipos de estabelecimentos, com características distintas quanto aos níveis de produção, qualidade dos produtos, índices de produtividade e grau de mecanização.

A produção de matérias-primas cerâmicas é feita, em sua maioria, por empresas de pequeno e médio porte, de capital nacional. As minerações mais organizadas, que produzem matérias-primas com qualidade e regularidade, estão geralmente associadas a empresas multinacionais ou, algumas vezes, são unidades autônomas ligadas à indústria de revestimento. O Brasil dispõe de importantes jazidas de minerais industriais de uso cerâmico, cuja produção está concentrada principalmente nas regiões sudeste e sul, onde estão localizados os maiores pólos cerâmicos do País. Dentre as diversas substâncias

minerais consumidas, destacam-se, em face ao volume de produção atingido, as argilas de queima vermelha ou argilas comuns que respondem pelo maior consumo, sendo especialmente utilizadas na cerâmica vermelha e de revestimento, às vezes constituindo a única matéria-prima da massa. Tais argilas são caracterizadas como matérias-primas de baixo valor unitário, fato este que não viabiliza o seu transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação de unidades industriais cerâmicas o mais próximo possível das jazidas.

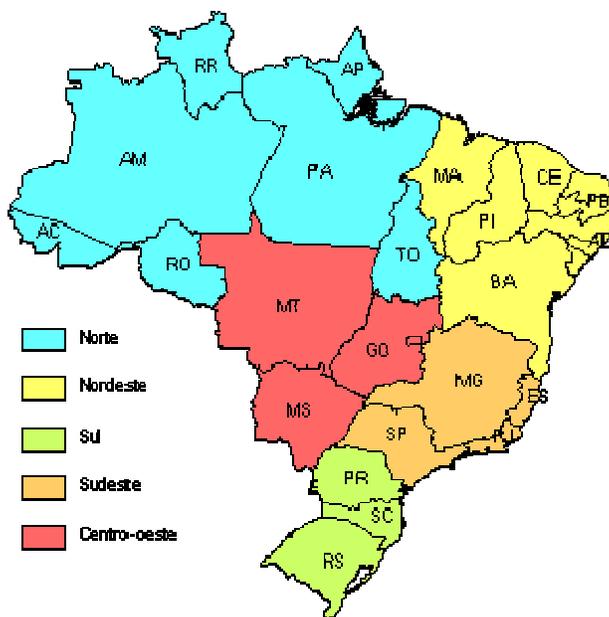
No tocante ao mercado consumidor, destaca-se a cerâmica vermelha pelo consumo da ordem de 70 milhões de toneladas por ano (tpa), através de cerca de 11.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo país, sobressaindo os estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina e Bahia, como os principais produtores. As reservas de argila para cerâmica vermelha são de grande porte e distribuem-se por praticamente todas as regiões do país. Na cerâmica de revestimento, cuja produção está ao redor de 400 milhões de metros quadrados, é estimado um consumo ao redor de 6 milhões de toneladas por ano (tpa) de matérias-primas, compreendo as seguintes substâncias minerais: argilas comuns fundentes (40 a 50%), argilas plásticas (15 a 20%), fundentes feldspáticos e filito (20 a 25%), outros fundentes - carbonatos, talco (5 a 10%).

No segmento de refratário avalia-se um consumo de cerca de 500.000 tpa de quartzo, magnesita, argilas refratárias, bauxita, zircão, cromita, etc. Já na indústria de louça sanitária foram utilizadas em torno de 180.000 tpa de matérias-primas (argila *ball clay*, caulim, feldspatos, talco, filito). Dois outros importantes setores cerâmicos, consumidores de minerais industriais são as indústrias de vidro e de cimento. Esta última consome mais de 50 milhões tpa de calcário, argila, gesso, etc. A indústria do vidro consome cerca de 1,6 milhões tpa areia quartzosa; 300 mil tpa barrilha; 240 mil tpa de calcário e 30 mil tpa feldspato. Entretanto, esses dois setores constituem segmentos tratados à parte, tendo em vista os seus portes e características. Em geral, o abastecimento destes setores é feito por mineração de médio a grande porte, tradicionalmente bem conduzida, com exceção de feldspato para a indústria de vidro.

Tabela 1: Relação entre matérias-primas minerais e estados produtores.

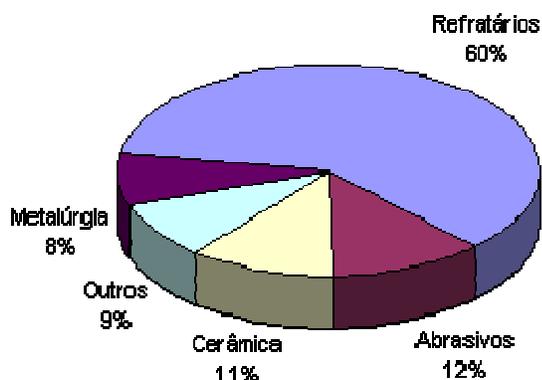
<i>MATÉRIA-PRIMA MINERAL</i>	<i>ESTADOS PRODUTORES</i>
Agalmatolito	MG
Argilas plásticas e comuns	SP, RJ, MG, RS, PR, BA, SC, PE
Argilas refratárias	MG, SP, RS
Bauxita refratária	PA, MG
Calcita	ES, RJ
Calcários (calcíticos e dolomíticos)	MG, SP, PR, RJ, RS, GO, MT, PB, ES, BA
Caulim	AP, PA, SP, MG, RS, SC
Cianita	GO, MG
Cromita	BA, AP
Feldspatos (nefelina sienito e leucita)	MG, SP, PR, BA, RN, SC
Filito	SP, MS, MG
Gipsita	PE, BA, CE, MA
Grafita	MG, BA
Magnesita	MG, CE
Quartzo (areia silicosa, quartzito)	SP, SC, MG, RS, BA
Talco	PR, SP, BA, MG
Zirconita	PB, RJ

Regiões brasileiras produtoras de matérias-primas cerâmicas



- *Matérias-primas sintéticas*

O setor de matérias-primas sintéticas é constituído pelas empresas produtoras de matérias-primas que não ocorrem ou que ocorrem em pequena escala na natureza e que devido a isto, são obtidas sinteticamente. No Brasil existem pouco mais de dez empresas neste setor, produzindo cerca de 190.000 toneladas por ano e com um faturamento médio na casa de US\$ 115 milhões por ano. Em termos de aplicação, as matérias-primas sintéticas são utilizadas nas indústrias de refratários, cerâmicas, de abrasivos e metalúrgicas, conforme apresentado no gráfico a seguir:



Dentre as principais matérias-primas sintéticas produzidas no Brasil, destacam-se:

- Coríndon marrom
 - Coríndon branco
 - Coríndon rosa
 - Mulita
 - Mulita zircônica
 - Aluminas especiais
 - Wolastonita
 - Carbetos de silício verde
 - Carbetos de silício preto
 - Magnésia eletrofundida
 - Magnésia-cromita
 - Espinélias
 - Cromia-alumina
 - Microsílica
 - Alumina-zircônia-sílica
-
- ***Argila: características, tipos e propriedades importantes.***

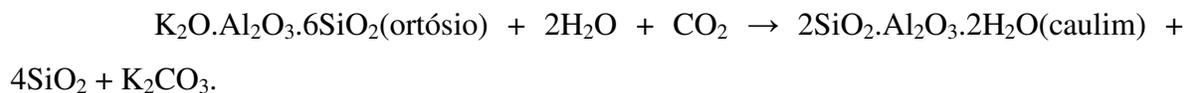
Denomina-se argila ao conjunto de minerais compostos, principalmente, de alumínio hidratados que possuem a propriedade de formarem, com água, uma pasta plástica suscetível de conservar a forma moldada, secar e endurecer sob a ação do calor. As argilas foram formadas na crosta terrestre pela desintegração de rochas ígneas sob ação incessante dos agentes atmosféricos. Sua origem mais comum são os feldspatos - minerais existentes nos granitos e pórfiros -, entretanto, podem formar-se igualmente a partir de gnaisse e micaxistos.

Nas argilas encontramos, muitas vezes, fragmentos das rochas de origem, outras, contudo, minerais e rochas que entraram em contato durante seu transporte e sedimentação; com frequência são alteradas pela temperatura e pressão durante a sua

consolidação; Resulta da ação variável desses fatores uma grande variedade de argilas com toda uma gama de coloração, plasticidade, composição química, etc.

As diferentes espécies de argilas consideradas como puras são, na realidade, misturas de diferentes hidrossilicatos de alumínio denominados “materiais argilosos”. Os materiais argilosos são unidades estruturais simples e se diferenciam uns dos outros pela diferente relação entre sílica e alumina, pela quantidade de água de constituição e pela sua estrutura. São muitos os materiais argilosos, mas somente três têm importância para a fabricação de produtos cerâmicos: a caulinita, a montmorilonita e a ilita, todas com estrutura lamilar ou foliácea.

Em geral não se encontram argilas puras com apenas um tipo de material argiloso, senão misturadas, ainda que predomine um mineral determinado. A decomposição feldspática, conhecida pelo nome de decaulinização, é produzida pela ação do anidrido carbônico sobre os feldspatos.



A análise química das argilas revela a existência de sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3), óxido férrico (Fe_2O_3), cal (CaO), magnésia (MgO), álcalis (Na_2O e K_2O), anidrido carbônico (CO_2) e anidrido sulfúrico (SO_4). A sílica forma, em geral, de 40 a 80% do total da matéria-prima da argila. Apesar de que uma grande percentagem de areia com sílica não combinada é indesejável, deve ser, às vezes, adicionada à argila para diminuir a retração na queima e aumentar a refratariedade. A alumina aparece ordinariamente com teores de 10 a 40%; O óxido férrico não ultrapassa, usualmente, 7% e é o mais importante fator na coloração do produto cozido. O óxido férrico tende a baixar o ponto de fusão da argila. A cal, por sua vez, tem geralmente um teor de álcalis da ordem de 10%.

TIPOS DE ARGILAS

De uma maneira geral pode-se ter:

- a) Argilas de cor de cozimento branca: caulins e argilas plásticas;
- b) Argilas refratárias: caulins, argilas refratárias e argilas altamente aluminosas;
- c) Argilas para produtos de Grês;

d) Argilas para materiais cerâmicos estruturais, amarelas ou vermelhas;

As argilas são classificadas em gordas e magras, conforme a maior ou menor quantidade de colóides. Por essa razão, as argilas gordas são muito plásticas e, devido à alumina, deformam-se muito mais no cozimento. Já as argilas magras, devido ao excesso de sílica, são mais porosas e frágeis.

PROPRIEDADES IMPORTANTES

As propriedades mais importantes das argilas são a plasticidade, a retração e o efeito calor.

PLASTICIDADE

É a propriedade do corpo que, submetido a força determinada, se deforma e conserva indefinidamente a deformação quando se anula a força. Semelhante a ductilidade e maleabilidade dos metais quanto à intensidade da força produtora, o estado plástico é intermediário entre sólido e líquido, com propriedades dos dois.

A plasticidade nas argilas varia com a quantidade de água. A argila seca tem plasticidade nula; molhando-a, ela vai ganhando plasticidade até um máximo; com mais água, as lâminas se separam, a argila perde a plasticidade e se torna um líquido viscoso. Para explicar esta propriedade, há teorias morfológicas (depende das dimensões e forma das partículas), físicas (fenômenos capilares, tensão superficial, viscosidade) ou químicas (fenômenos químicos e coloidais).

As argilas puras dão, em geral, pastas plásticas. Àquelas de qualidade inferior devem ter adições de substâncias que melhorem a plasticidade. Estas substâncias podem ser inorgânicas ou orgânicas, como, por exemplo: carbonato e hidróxido de sódio, silicatos, oxalatos e tartaratos sódicos, tanino, húmus, ácido oléico, etc. Inclusões de ar diminuem a plasticidade; melhora-se, pois, a argila sob este ponto de vista submetendo-a a um tratamento de vácuo. A temperatura diminui a plasticidade, porque diminui o conteúdo de água. Pode-se diminuir a plasticidade pela adição de desengordurantes, ou seja, materiais não plásticos.

RETRACÇÃO

Um bloco de argila quando exposto ao ar, seca. Inicialmente, a velocidade de evaporação da água é igual à que teria uma superfície de água igual à do bloco; depois, a velocidade de evaporação vai diminuindo, pois as camadas externas, ao secarem, vão recebendo as águas das camadas internas por capilaridade, de modo que o conjunto tende a se homogeneizar continuamente. Por isso, as quantidades de água vinda das camadas internas são cada vez menores.

Em todo esse processo, no lugar antes ocupado pela água, vão ficando vazios e, conseqüentemente, o conjunto retrai-se. Essa retração é proporcional ao grau de umidade e varia também com a composição da argila: quanto mais caulinita, maior a retração. No caulim, a retração é da ordem de 3 a 11%, enquanto que nas argilas para tijolos, mais magras, vai de 1 a 6%. Um efeito negativo da retração é que, como ela não é absolutamente uniforme, o bloco pode vir a se deformar. Todos os fatores que aumentam a plasticidade (o que é bom) também aumentam a retração (o que é ruim).

EFEITOS DO CALOR SOBRE AS ARGILAS

Aquecendo-se uma argila entre 20 e 150°C ela somente perde a água de capilaridade e amassamento. De 150 a 600°C ela perde a água absorvida e a argila vai se enrijecendo. Até aqui só houve alterações físicas. Mas, a partir dos 600°C, começam as alterações químicas em três estágios. Num primeiro estágio há a desidratação química: a água de constituição também é expulsa resultando num endurecimento com conseqüente queima das matérias orgânicas. O segundo estágio é a oxidação: os carbonetos são calcinados e se transformam em óxidos e, a partir do terceiro estágio, que inicia em torno de 950°C, há a vitrificação. A sílica de constituição e as areias formam uma pequena quantidade de vidro que, aglutinada aos demais elementos, confere dureza, resistência e compactação ao conjunto. Aparece a cerâmica propriamente dita.

A qualidade de um artigo cerâmico depende, acima de tudo, da quantidade de vidro formado; É ínfima nos tijolos comuns e grande nas porcelanas.

TIPOS DE MATERIAIS CERÂMICOS

O setor cerâmico é amplo e heterogêneo o que induz a dividi-lo em subsectores ou segmentos em função de diversos fatores, como matérias-primas, propriedades e áreas de utilização. Dessa forma, a seguinte classificação, em geral, é adotada.

CERÂMICA VERMELHA - compreende aqueles materiais com coloração avermelhada empregados na construção civil (tijolos, blocos, telha e tubos cerâmicos / manilhas) e também argila expandida (agregado leve), utensílios domésticos e adorno. As lajotas muitas vezes são enquadradas neste grupo e outras, em Cerâmicas ou Materiais de Revestimento.

CERÂMICA OU MATERIAIS DE REVESTIMENTO - compreende aqueles materiais usados na construção civil para revestimento de paredes, piso e bancadas tais como azulejos, placas ou ladrilhos para piso e pastilhas.

CERÂMICA BRANCA - este grupo é bastante diversificado, compreendendo materiais constituídos por um corpo branco e em geral recobertos por uma camada vítrea transparente e que eram assim agrupados pela cor branca de massa, necessária por razões estéticas e/ou técnicas. Com o advento dos vidrados opacificados, muitos dos produtos enquadrados nesse grupo passaram a ser fabricados, sem prejuízo das características para uma das aplicações, com matérias-primas com certo grau de impurezas, responsáveis pela coloração. Muitas vezes prefere-se subdividir este grupo em função da utilização dos produtos em:

- louça sanitária
- louça de mesa
- isoladores elétricos para linhas de transmissão e de distribuição
- utensílios doméstico e adorno

- cerâmica técnica para fins diversos, tais como: químico, elétrico, térmico e mecânico.

MATERIAIS REFRACTÁRIOS - este grupo compreende uma gama grande de produtos, que têm como finalidade suportar temperaturas elevadas nas condições específicas de processo e de operação dos equipamentos industriais, que em geral envolvendo esforços mecânicos, ataques químicos, variações bruscas de temperatura e outras solicitações. Para suportar estas solicitações e em função da natureza das mesmas, foram desenvolvidos inúmeros tipos de produtos, a partir de diferentes matérias-primas ou mistura destas. Dessa forma podemos classificar os produtos refratários, quanto a matéria-prima ou componente químico principal, em: sílica, sílico-aluminoso, aluminoso, mulita, magnesiano-cromítico, cromítico-magnesiano, carbetto de silício, grafita, carbono, zircônia, zirconita, espinélio e outros.

ISOLANTES TÉRMICOS - os produtos deste segmento podem ser classificados em:

- a) Refratários isolantes que se enquadram no segmento de refratários;
- b) Isolantes térmicos não refratários, compreendendo produtos, tais como vermiculita expandida, sílica diatomácea, diatomito, silicato de cálcio, lã de vidro, lã de escória e lã cerâmica, (que são obtidos por processos distintos ao do item (a) e que podem ser utilizados, dependendo do tipo de produto até 1100°C;
- c) Fibras ou lãs cerâmicas que apresentam características físicas semelhantes às citadas no item (b), porém apresentam composições tais como sílica, sílica-alumina, alumina e zircônia, que dependendo do tipo, podem chegar a temperaturas de utilização de 2000°C ou mais.

FRITAS E CORANTES - Estes dois tipos de produtos são importantes matérias-primas para diversos segmentos cerâmicos cujos produtos requerem determinados acabamentos.

Frita (ou vidrado fritado) é um vidro moído, fabricado por indústrias especializadas a partir da fusão da mistura de diferentes matérias-primas. Este pó é aplicado na superfície do corpo cerâmico, que após a queima, adquire aspecto vítreo. Este acabamento tem por finalidade aprimorar a estética, tornar a peça impermeável, aumentar a resistência mecânica e melhorar ou proporcionar outras características.

Corantes constituem-se de óxidos puros ou pigmentos inorgânicos sintéticos obtidos a partir da mistura de óxidos ou de seus compostos. Os pigmentos são fabricados por empresas especializadas, inclusive por muitas das que produzem fritas, cuja obtenção envolve a mistura das matérias-primas, calcinação e moagem.

Os corantes são adicionados aos vidrados (cru, frita ou híbrido) ou aos corpos cerâmicos para conferir-lhes colorações das mais diversas tonalidades e efeitos especiais.

ABRASIVOS - Parte da indústria de abrasivos, por utilizarem matérias-primas e processos semelhantes ao da cerâmica, constitui-se num segmento cerâmico. Entre os produtos mais conhecidos podemos citar o óxido de alumínio eletrofundido e o carbetto de silício.

VIDRO, CIMENTO E CAL - São três importantes segmentos cerâmicos e que, por suas particularidades, são muitas vezes considerados à parte da cerâmica.

CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA / CERÂMICA AVANÇADA - O aprofundamento dos conhecimentos da ciência dos materiais proporcionaram o homem o desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das existentes nas mais diferentes áreas, como aeroespacial, eletrônica, nuclear e muitas outras e que passaram a surgir materiais com qualidade excepcionalmente elevada. Tais materiais passaram a ser desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas de altíssima pureza e por meio de processos rigorosamente controlados.

Estes produtos, que podem apresentar os mais diferentes formatos, são fabricados pelo chamado segmento cerâmico de alta tecnologia ou cerâmica avançada. Eles são classificados de acordo com suas funções em: eletroeletrônicas, magnética, ópticas,

químicas, térmicas, mecânicas, biológicas e nucleares. Os produtos deste segmento são de uso intenso e a cada dia tende a se ampliar. Como alguns exemplos, podemos citar: naves espaciais, satélites, usina nuclear, implantes em seres humanos, aparelhos de som e de vídeo, suporte de catalisadores para automóveis, sensores (umidade, gases e outros), ferramentas de corte, brinquedos, acendedor de fogão, etc.

FABRICAÇÃO DA CERÂMICA

PREPARAÇÃO DOS MATERIAIS CERÂMICOS

De um modo geral, a preparação dos materiais cerâmicos obedece às seguintes fases:

- Extração do barro
- Preparo da matéria-prima
- Moldagem
- Secagem
- Cozimento
- Recozimento
- Esfriamento
- Fornos utilizados

EXTRAÇÃO DO BARRO

Cada tipo de cerâmica requer um tipo próprio de barro. Assim sendo, antes de qualquer coisa, deve-se proceder à escolha do barro, devido ao fato de o teor de argila, a composição granulométrica, a profundidade da barreira, a umidade e diversos outros fatores influem no resultado a ser obtido. Essa é uma das razões da grande variedade de materiais de cerâmica encontrados à venda.

A qualidade do barro deve ser verificada para conferir, por exemplo, se não há muito carbonato de cálcio ou compostos sulfurosos, os quais originam cerâmicas muito fendilhadas. Se for muito suja, ou seja, com matérias orgânicas tais como raízes mortas, a

cerâmica será muito porosa. Se tiver muita cal, esta poderá vir a queimar quando receber umidade, estourando o reboco da parede. A formação de vidro, da qual depende a dureza, varia também com a constituição e assim por diante; A importância do tipo de barro é tal que, muitas vezes, as indústrias preferem barreiras localizadas a grande distância das fábricas que são instaladas onde há abundância de energia, transporte e mão-de-obra.

PREPARO DA MATÉRIA-PRIMA

Extraída, a argila deve ser preparada para a industrialização. Esse preparo pode ter as mais variadas formas. Assim, por exemplo, já na própria jazida pode ser feita a seleção em lotes de mesma qualidade (composição, dureza, plasticidade, etc). Segue-se sempre o que se chama de apodrecimento da argila. A argila é levada para depósitos ao ar livre, onde é revolvida sumariamente e passa por um período de descanso. Tem por finalidade principal a fermentação das partículas orgânicas, que também ficam coloidais, aumentando a plasticidade. O apodrecimento também serve para corrigir o efeito das pressões sobre as argilas; certas porcelanas podem sofrer apodrecimento até de vários anos.

Conforme a exigência, também é feita a eliminação de impurezas grosseiras, e maior classificação; isso se consegue por levigação, sedimentação, centrifugação, flotação, aeração, etc. Segue-se a formação da pasta propriamente dita, que se inicia pela maceração e continua e termina com o amassamento. A maceração é feita para se obter menores partículas, grãos finos e, com isso, maior plasticidade, melhor contato entre os componentes, etc. (muitas vezes é feita por processos rudimentares). A argila é colocada em caixas onde é revolvida por força humana (com pás, picaretas, etc.) ou animas que fazem girar pás no interior da massa. Caso não tenham sido eliminadas as impurezas anteriormente, é nesta fase que são retirados os galhos, pedras ou outros corpos que estejam misturados com a argila; Por outro lado, se as impurezas já estiverem sido eliminadas, pode-se usar britadores, moinhos, desintegradores e pulverizadores, cada um dos quais correspondendo a um grau de moagem. A correção é feita para dar à argila a constituição que se deseja. Para se obter, por exemplo, cerâmica fina, deve-se lavar, deixar sedimentar e depois filtrar para que sejam eliminados neste processo os grãos maiores de impurezas. Em outros casos é adicionada areia fina para diminuir a retração e aumentar o rendimento,

obtendo-se produtos mais grosseiros. Existem ácidos orgânicos fracos e soluções alcalinas que são empregados para diminuir a plasticidade; por outro lado há ácidos e sais que podem aumentá-la.

As argilas muito puras retraem-se demais e deformam-se, isto é, quanto mais colóides tiver, maior será a retração. Por isso usa-se misturar-lhe areia, argila já cozida e depois moída para baixar a proporção de grãos finos. Em compensação, uma argila muito magra fica com poucos colóides, muito porosa e torna-se quebradiça, absorvendo posteriormente a umidade (esta correção recebe o nome de loteamento do barro).

O amassamento serve para preparar a argila para a moldagem; conforme o tipo de barro e o tipo de moldagem, é usada ou não água. O amassamento é feito por processos manuais ou mecânicos. De acordo com a importância da indústria são usadas mais ou menos máquinas para desenvolver algum tipo de tratamento. Há, por exemplo, os desagregadores (servem para quebrar os torrões duros), moinhos (para a moagem), e as marombas (cilindros horizontais ou verticais, no interior dos quais existem pás ou hélices que homogeneízam a mistura e a levam para a moldagem).

MOLDAGEM

É a operação de dar a forma desejada à pasta cerâmica. Há quatro processos básicos de moldagem:

- a) Moldagem a seco ou semi-seco (com 4 a 10% de água)
- b) Moldagem com pasta plástica consistente (com 20 a 35% de água)
- c) Moldagem com pasta plástica mole (com 25 a 40% de água)
- d) Moldagem com pasta fluida (com 30 a 50% de água)

O uso de um outro processo depende do tipo de características da matéria-prima, do formato e constituição do produto acabado e do tipo de forno a ser empregado

MOLDAGEM A SECO

É feita por prensagem. A argila é moldada quase seca e para adquirir a forma desejada deve ir a prensas muito potentes, que podem variar de 50 a 7000 kgf/cm². É usada para ladrilhos, azulejos refratários, isoladores elétricos e para tijolos e telhas de superior qualidade. Embora com a vantagem da simplicidade de operações, da produção em massa e redução do tempo de secagem, exige capital inicial elevado, renovações constantes das matrizes e é limitado a formatos adequados. Os produtos formados são de qualidade muito boa, pois não há bolhas e a quantidade de água usada é mínima (em igualdade de outras condições, as propriedades mecânicas de uma argila são inversamente proporcionais à quantidade de água usada na sua plastificação). Muitas vezes, ainda, se faz passar a pasta primeiro por extrusão, formando-se tijolões que, posteriormente, são pulverizados. Então a massa resultante recebe a forma definitiva por prensagem e com isso consegue-se melhorar a densidade, a porosidade e a resistência mecânica.

MOLDAGEM COM PASTA PLÁSTICA MOLE

É o processo mais antigo. A cerâmica, bastante pastosa, é moldada em moldes de madeira ou torno de oleiro. Hoje em dia há processos mais modernos que os manuais, mas que dão produtos de menor qualidade. É usado para vasos, tijolos brutos, pratos, xícaras, etc. Um processo manual de se fazer tijolos, por exemplo, emprega caixilhos individuais de madeira (a pasta é colocada a mão sobre o molde recoberto de areia) e, dessa forma, os produtos ficam com uma camada superficial áspera.

MOLDAGEM COM PASTA PLÁSTICA CONSISTENTE

É usada a extrusão, que consiste em forçar a massa a passar. Sob pressão, através de um bocal apropriado, formando uma fita uniforme e contínua e depois a coluna é cortada no comprimento desejado (geralmente o corte é feito por uma guilhotina formada de arames presos a um esquadro de madeira ou metal). Como o processo incorpora muito ar, que irá se dilatar na cozedura causando o fendilhamento ou até a desagregação da peça, às vezes é acoplada uma câmara de vácuo (isso irá diminuir a porosidade). A moldagem por este processo é usual para tijolos, tijoletas, tubos cerâmicos, telhas e refratários.

MOLDAGEM COM PASTA FLUIDA

É o chamado processo de borbotina. A cerâmica é dissolvida em água, e a solução vertida em moldes porosos de gesso. Depois da deposição, a água absorvida e a argila aderem às paredes. Quando seca, a peça se retrai e se descola. É o processo usado para porcelanas, louças sanitárias, peças para instalação elétrica e peças de formato complexo.

SECAGEM

Os produtos cerâmicos, ao saírem dos moldadores, contêm de 7 a 30% de umidade, dependendo do sistema de moldagem, ou seja, se em marombas com ou sem câmara de vácuo, se em moldadores de prensa. Grande parte desta umidade é removida na secagem e o restante durante o processo de cozimento. Durante a secagem, evapora a água livre, permanecendo no material uma umidade de equilíbrio, ou seja, aquela capaz de provocar uma tensão de vapor igual à existente no ar ambiente nas suas condições de temperatura e grau higrométrico.

O mecanismo total de secagem é exatamente uma evaporação da umidade na superfície do material, seguida de uma difusão de umidade das zonas internas de maior concentração. Estes dois fenômenos, evaporação superficial e difusão interna através da peça, devem realizar-se simultaneamente e com a mesma velocidade, até que se interrompa a secagem ou até o final da mesma.

A retração da superfície é devida à evaporação da água que a submete a uma tensão elevada, dada a natureza incompreensível do interior ainda molhado. Se a retração é excessiva, causada por uma evaporação violenta, por exemplo, em ambiente com ar quente e seco, originam-se fendas e deformações. Para se evitarem estes defeitos de secagem é necessário que não se produza um gradiente de umidade demasiadamente elevado; deve-se conseguir uma velocidade de difusão elevada e regular a velocidade de evaporação na superfície em relação com a velocidade de difusão da água. A secagem natural é feita colocando o material moldado em lugares de franco acesso de ar e protegidos de ventos e

raios de sol. A perda da umidade é acompanhada pela contração do produto cerâmico, sendo esta tanto maior quanto o grau de umidade da argila.

A secagem artificial, por sua vez, pode ser contínua ou intermitente. A contração linear da argila comum, não tratada, é da ordem de 1 a 6%. Se a secagem for muito rápida, a umidade é removida da superfície, fazendo com que a contração seja desuniforme e as subseqüentes tensões de retração produzam o fendilhamento da massa. Os produtos cerâmicos, na secagem, devem ser empilhados de modo a oferecer todas as faces a um contato com o ar, não devendo ser colocados em prateleiras de materiais absorventes, pois a diferente retração das faces originará distorções.

COZIMENTO (QUEIMA)

Para efetuar em boas condições a queima de um produto cerâmico, não basta elevar a temperatura do forno a um determinado valor e deixar esfriar o material. Durante a queima dão-se transformações estruturais da argila, o que obriga a uma marcha de aquecimento e esfriamento típica para cada produto. Se a queima for feita em marcha lenta, os perigos, em grande parte, serão afastados, mas haverá um gasto excessivo de combustível. A queima rápida é economicamente interessante, mas a qualidade do produto pode se ressentir.

A curva temperatura-tempo de um forno pode ser obtida a partir das análises térmicas da argila (relação temperatura – variações dimensionais e perda de peso). Na zona de grandes variações dimensionais e para pequenas variações de temperatura a elevação de temperatura far-se-á lentamente. Esta variação será mais rápida quando houver pouca variação dimensional com mudanças de temperatura. Com um adequado esquema de aquecimento do forno evitar-se-ão deformações, fissuras e rupturas das peças durante o seu cozimento.

A queima dos produtos cerâmicos é feita em três ou quatro dias. A operação pode ser dividida em três estágios:

1º) desidratação

2º) oxidação

3º) vitrificação

No primeiro período, a água contida nos poros é evaporada, sendo que parte da matéria carbonosa é queimada. A velocidade de eliminação dessas substâncias depende da quantidade de água, porosidade e textura da argila. Um rápido aquecimento causa, geralmente, defeitos no material. Este período se completa para uma temperatura em torno de 700°C. No segundo período, que é completado aos 900°C, toda matéria combustível é consumida, o carvão e o enxofre são eliminados, e o óxido ferroso é oxidado, passando a férrico. A vitrificação não ocorre nos tijolos comuns, mas a temperatura é elevada (1200°C) até o início da vitrificação. Chama-se vitrificação a contração e fechamento dos poros da argila pela queima. São utilizados diversos tipos de fornos que podem ser agrupados em intermitentes e contínuos. Nos fornos intermitentes, o calor é gerado fora dos fornos e circula pelo interior através das pilhas de material cerâmico, até a chaminé. O material não é cozido uniformemente havendo a necessidade de desprezar algumas peças por falta ou excesso de queima. Os fornos intermitentes são classificados em fornos de calor ascendente e fornos de calor descendente, conforme o calor seja aplicado sobre o barro por baixo ou por cima. Este segundo tipo dá mais uniformidade no cozimento, mas é mais difícil de construir. Já os fornos contínuos consistem, essencialmente, em séries de câmaras, de modo que quando uma câmara está em fogo, os gases de combustão são levados a atravessar todas as outras câmaras antes de chegarem à chaminé, havendo, desta maneira, um pré-aquecimento com conseqüente economia de combustível. Somente uma câmara fica fora de operação e é a que está sendo carregada.

RECOZIMENTO

Certos tipos de cerâmica precisam ir duas vezes ao forno; há um cozimento e um recozimento. No primeiro cozimento resulta o que se chama de biscoito; é um material ainda sem acabamento, geralmente ainda não bem cozido. Este material então recebe algum tipo de tratamento para ir uma segunda vez ao forno a altas temperaturas, rapidamente, ou a temperaturas mais baixas, lentamente. Esse sistema é comum em peças esmaltadas. Entre um e outro cozimento se aproveita para aplicar sais ou óxidos coloridos, que derreterão e

vitrificarão no segundo cozimento, dando o vidrado. Diversas razões podem levar a esse tratamento: melhor fixação da tinta sem perigo de reter alguma umidade porventura ainda existente na peça; melhor aderência da tinta por já encontrar a cerâmica porosa; evitar que as tintas fiquem expostas por demasiado tempo ao fogo; maior endurecimento superficial, etc. Mas, hoje em dia, já se está aplicando o vidrado com sistema de apenas uma passagem no forno chamado monoqueima.

ESFRIAMENTO

Após o cozimento das cerâmicas vem o seu esfriamento. É uma fase que quase não apresenta problemas. O único cuidado é evitar um resfriamento muito brusco, que pode dar um choque térmico e fendilhar as peças. Mas, devido às altas temperaturas no cozimento, é muito raro que isso possa acontecer. Como não há interesse em resfriamento rápido, ele é feito naturalmente, ao ar frio, portanto, lentamente. Resfriamento rápido, forçado, implicará em despesa adicional, o que, obviamente, não é de interesse dos fabricantes. Nos fornos intermitentes o resfriamento é quase todo feito na própria câmara de cozimento. Quando termina o cozimento as portas são abertas para a entrada de ar ambiente, para que o resfriamento seja efetuado até que os operários possam entrar na câmara e retirar o material. Nos fornos contínuos o resfriamento inicial é feito também ainda dentro do forno, pela passagem de ar forçado por injetores sobre o material cozido e termina ao ar livre.

TIPOS DE FORNOS UTILIZADOS

- ***FORNOS DE MEDAS OU FIADAS***

Não se trata de um forno permanente; é um sistema para produção provisória, só usado para produção esporádica em locais onde não haja possibilidade de se obter material pronto. O material obtido sempre será de qualidade inferior. O processo de queima nestes fornos é muito rudimentar, trabalhoso, com muitos inconvenientes. O sistema de controle de cozimento não é bom. Há uma desuniformidade grande no material cozido; um terço da produção é geralmente perdido por tratar-se de peças mal cozidas. Além disso, o carvão

(comumente o combustível utilizado) e a cinza se misturam com a superfície porosa da cerâmica obtida, que torna-se, então, bastante suja.

- ***FORNOS INTERMITENTES COMUNES***

São fornos bastante comuns nas olarias, pois são fáceis e baratos de se construir. São feitos de tijolos assentados com barro, o que causa um certo problema, por terem que ser periodicamente refeitos devido à decomposição causada pelo choque térmico ocasionado pelos ciclos relativamente rápidos de aquecimento e resfriamento. Isso desagrega as paredes e principalmente a cobertura. O combustível usado é geralmente madeira; Não se trata de um forno econômico, porque tem os mesmos inconvenientes dos fornos de meda. Tem baixo rendimento, pois há muito desperdício de combustível; o calor despreendido no resfriamento é todo perdido e é preciso mais combustível para aquecer o forno na fornada seguinte. Os tijolos ficam sujos das cinzas do carvão e, devido a sua forma retangular, as peças colocadas nos cantos apresentam menor cozimento.

- ***FORNOS INTERMITENTES DE CHAMA INVERTIDA***

São fornos de calor descendente. Os gases da combustão sobem até a cúpula do forno, onde são refletidos e depois atravessam as peças em cozimento vindo de cima para baixo. Há alguma semelhança com os intermitentes comuns, mas dá maior uniformidade no cozimento e maior rendimento para o combustível empregado, embora ainda só se aproveite 20% para o cozimento propriamente dito. O restante é gasto no aquecimento periódico das paredes entre as fornadas, ou perdido por irradiação, ou levado pelos gases para a chaminé.

- ***FORNOS DE CUBA***

Só são usados para trabalhos artesanais. Trata-se de pequenos fornos em cujo interior há uma caixa, ou cuba. Inicialmente o combustível é aceso na cuba para o aquecimento interno do forno. Depois o fogo é passado para baixo e a cuba é carregada com o material a cozer

- ***FORNOS DE MUFLA***

Às vezes há interesse que a chama não entre em contato direto com as peças. Nesses casos, usa-se mufla, ou seja, uma caixa interna ao redor da qual circula o calor. Entretanto, se essa necessidade é só eventual, as peças podem ser colocadas em caixas refratárias em qualquer dos outros tipos de fornos.

- ***FORNO COMBINADO***

É um forno às vezes usado quando vai ser feito aquecimento e reaquecimento. Consta de dois fornos sobrepostos, resultando aquecimento direto no superior e por chama invertida no inferior. Então o biscoito é preparado em cima e o vidrado em baixo.

- ***FORNOS SEMICONTÍNUOS***

Os fornos ditos semicontínuos não passam de dois ou mais fornos intermitentes (geralmente seis) colocados justapostos. Enquanto duas câmaras estão queimando, nas outras o material está aquecendo ou resfriando, e em outras sendo colocado ou retirado. Com isso o calor irradiado pelas câmaras acesas está sendo aproveitado para as outras e se tem maior rendimento para o combustível.

- ***FORNOS DE HOFFMANN***

O forno de Hoffmann, inventado em 1858, é um forno semicontínuo obtido pela justaposição e entrosamento de diversos fornos intermitentes. É como que uma evolução do anterior, pois adota disposição semelhante, mas com tiragem aperfeiçoada, o que permite maior rendimento e maiores temperaturas. Foi muito usado no passado, chegando a ser considerado o melhor tipo de forno para cerâmicas. Na fabricação de cimento também foi bastante usado antes do aparecimento do forno rotativo. Ainda é encontrado em algumas olarias do RS e resto do Brasil. Embora seja um forno de produção contínua, na realidade é um forno semicontínuo. Suas características fundamentais são: emprego do ar atmosférico frio para esfriar as peças já cozidas; pré-aquecimento desse ar para alimentar a combustão;

aproveitamento do ar quente da combustão para fazer o pré-aquecimento das câmaras seguintes; produção contínua e alto rendimento.

- ***FORNO DE TÚNEL***

É talvez o forno mais usado hoje em dia nas grandes indústrias de cerâmica. Inventado em 1877, é um forno contínuo bastante superior a todos os fornos descritos antes, porque apresenta muito maior rendimento, maior uniformidade do material cozido, melhor controle de fabricação, etc. Pode-se economizar até 2/3 das despesas exigidas para outros fornos. Além disso, ele é, ao mesmo tempo, forno, câmara de secagem e câmara de esfriamento, embora com produção contínua. Seu maior inconveniente é a despesa de instalação elevada e também porque requer sempre o mesmo tipo de material a cozer. Quando se muda o material a ser cozido, devem ser feitas adaptações na velocidade, na chama, nas portas, na ventilação, etc. e isso atrasa a produção. Também necessita de maior conhecimento técnico dos operários encarregados da manutenção.

FATORES DE DESAGREGAÇÃO DAS CERÂMICAS

As cerâmicas podem se desagregar em consequência de agentes físicos externos, agentes químicos internos e agentes mecânicos.

Os agentes físicos mais perniciosos são a umidade, vegetação e fogo. Os dois primeiros agem através dos poros e, deduz-se daí, a importância da porosidade; a porosidade é um índice da qualidade do produto e de sua duração. O fogo é também altamente prejudicial para a cerâmica comum, que tem a resistência à compressão diminuída à medida que aumenta a temperatura. Como os componentes se dilatam desuniformemente, o calor pode facilmente desagregar uma peça cerâmica; podemos dizer também que a cerâmica resente do efeito da gelividade.

Os agentes químicos internos também podem ser altamente perniciosos, como por exemplo, uma cerâmica com sais solúveis. A umidade absorvida do ar pode vir a dissolver estes sais, os quais virão a se cristalizar na superfície, ocasionando o que se

chama eflorescência que, além de dar má aparência, pode até ocasionar o deslocamento e queda do revestimento.

Os agentes mecânicos, por seus esforços, podem vir a destruir as peças. Geralmente as cerâmicas têm maior resistência à compressão do que a flexão e demais solicitações. As cerâmicas também devem ter boa resistência ao choque, que se faz tão comum no transporte e uso da mesma.

RESISTÊNCIA MECÂNICA DOS MATERIAIS CERÂMICOS

A resistência mecânica de um material é limitada pela sua suscetibilidade à ruptura ou deformação. Como os materiais cerâmicos são essencialmente não-dúcteis e frágeis, a ruptura é o mecanismo mais comum para a maioria dos materiais cerâmicos. Por esse motivo, fato de geralmente os materiais cerâmicos serem não-dúcteis, suas características de resistência mecânica diferem bastante em relação aos metais. Um material cerâmico não-dúctil é muito resistente à compressão, pois ele não se rompe por deslizamento e, portanto, o comportamento à compressão está diretamente relacionado às suas forças interatômicas.

As microestruturas da maioria dos materiais cerâmicos, inclusive o vidro, são tais que há pontos onde as tensões se concentram. Tais pontos podem ser poros, canto de grãos ou microfissuras verdadeiras; assim, há lugares em que as fendas podem ter início. Imediatamente, depois de iniciadas, as trincas propagam-se rapidamente através da fase frágil, na ausência de ductibilidade, na extremidade da fenda. A resistência à tração de um material frágil é então determinada pela probabilidade de que um defeito possa ser encontrado, de forma a produzir uma concentração de tensões superiores à tensão normal crítica de ruptura. Várias conseqüências experimentais são notadas: variação considerável nos valores das tensões de tração obtidos experimentalmente; em muitos casos, a resistência mecânica média de corpos de prova grandes é menor do que a apresentada por corpos de prova pequenos, pois há probabilidade de existir (nos corpos grandes) maior número de pontos de alta concentração de tensões; num material poroso e frágil, a resistência mecânica diminui mais acentuada do que a densidade, pois os poros concentram as tensões não apenas nas seções transversais efetivas.

A resistência mecânica de um material não-poroso e frágil varia apenas com o tamanho do grão. No caso dos sólidos policristalinos, isto se deve à variação do módulo de elasticidade com a orientação, produzindo tensões diferentes em grãos adjacentes. Há mais rigorosa concentração de tensões em sólidos compostos de cristais grosseiros do que naqueles com cristais finos. Portanto, é mais provável que a tensão normal crítica de fratura seja superada no caso de grãos maiores.

CERÂMICAS: PRINCIPAIS ETAPAS E CICLO DE PRODUÇÃO

Cerâmica é a argila (barro) que, queimada em forno, torna-se dura e pouco quebradiça. Os seus principais elementos constitutivos são a sílica e o alumínio. Há milhares de anos já se faziam objetos de argila. A cerâmica é uma atividade que mantém inalterável, até hoje, os seus principais fundamentos: obter a argila, moldar, secar e queimar. São inúmeros os tipos de argila existentes. Algumas são usadas para confeccionar telhas, tijolos, manilhas, vasos de plantas etc; outras para confeccionar pisos, azulejos, objetos etc; outras para a chamada louça branca usada principalmente em banheiros-pias, vasos sanitários etc; e outras para a chamada cerâmica artística- artesanal - objetos utilitários, objetos decorativos, esculturas etc A argila existe em toda superfície terrestre. Alguns tipos são encontrados a céu aberto e outros em minas subterrâneas. A argila quando retirada da natureza geralmente contém corpos indesejáveis, impurezas, e por isso necessita ser beneficiada através de processos mecânicos e químicos. Se for conveniente podem ser acrescentados ou retirados elementos de sua composição para usos específicos e regular sua plasticidade (ocorrência de rachaduras e esfarelamento). São denominados barros magros os que partem com facilidade quando trabalhados, e barros gordos os que possuem mais maleabilidade-plasticidade. As peças cerâmicas também podem ser confeccionadas misturando duas ou mais argilas desde que sejam compatíveis entre si. Entendam-se como compatíveis as que encolhem do mesmo modo, e no mesmo tempo. Por terem as mesmas reações não racham, com facilidade, durante a secagem e a queima. A confecção de peças com argilas de cores diferentes pode dar bons resultados

estéticos. Após a queima de biscuito pode-se só aplicar um esmalte transparente. Outra solução é esmaltar por dentro, tornando-a impermeável, deixando a face externa sem esmalte, só com o efeito da queima na argila. Oleiro. É quem trabalha no torno, na roda e fabrica peças torneadas. A roda de oleiro foi inventada na Mesopotâmia no final do quarto milênio A C. Atualmente há no mercado inúmeros modelos de



tornos, de variados tamanhos. A maioria são movidos por motor elétrico e a regulagem da velocidade se dá por um pedal de acelerador, como nos carros. No passado eram todas as rodas movimentadas com os pés e ajudadas com as mãos, caso necessário. Hoje em dia ainda existem regiões, bastante raras, que ainda usam este método tradicional. A atividade de um oleiro requer muita dedicação e prática. O caminho que conduz à perfeição é muito longo. A tarefa de um oleiro é dar forma a uma porção de barro com as mãos e umas poucas ferramentas. A argila é colocada no centro de um prato giratório e com os dedos posicionados, externa e internamente, levantam-se as paredes da peça na forma e altura desejada. Simples é descrever o processo, mas só quem é bastante habilidoso e dedicado é que consegue executar eficientemente o trabalho.

Secagem. As peças cerâmicas, depois de prontas, devem ser colocadas para secar em local ventilado sem a incidência direta dos raios solares, para que não empenem nem rachem. É conveniente escolher um local sem corrente de ar para que as partes mais expostas não sequem mais rapidamente do que as menos expostas. O processo de secagem deve ser o mais lento possível, inclusive com as peças moldadas com barro magro e, também, com as que se tenha adicionado argila refratária. Não é recomendável colocar peso em cima de uma placa para evitar empeno. Isto porque a água contida no barro acaba saindo pelas arestas laterais que secam primeiro, podendo provocar rachaduras. Para retardar a secagem de uma peça, deve-se envolvê-la em saco plástico, jornal ou pano úmido e colocá-la em lugar protegido para que a umidade se conserve por mais tempo. Este artifício costuma ser aplicado quando o término da confecção de uma peça, por quaisquer razões, tem que ser adiado para outra oportunidade.

Os fornos usados nas queimas podem ser a lenha, elétricos ou a gás. Há inúmeros tipos e tamanhos para todas as necessidades. Encontram-se no mercado fornos elétricos cujo isolamento é feito com manta cerâmica, e por isto são menores, mais leves e ocupam menos espaço, facilitando enormemente uma futura mudança do local de



instalação. Os fornos feitos com tijolos refratários são muito mais pesados e ocupam muito espaço físico, tornando bastante complexa uma possível mudança de local de instalação. Há muitas opiniões contrárias ao emprego de mantas cerâmicas nos fornos, pois são sujeitas ao desgaste natural do uso, acarretando a conseqüente desagregação de partículas, que podem ser inaladas pelos usuários. Apesar deste ponto de vista contrário, defendido por alguns, estes fornos são muito bem aceitos e vendidos em todo o mundo. Passa-se vaselina na parte inferior da peça, local que fica em contato com a prateleira do forno, evitando que o esmalte ao se fundir grude. Pode-se usar também vaselina, na decoração de peças, para fazer máscaras.

Queima. A primeira queima é denominada biscoito. Serve para transformar a argila em cerâmica, tornando-a permanentemente dura. Geralmente eleva-se até 800/900 ° C. Esta queima deve ser bem lenta no seu início para que não haja risco das peças racharem ou empenarem, face a grande quantidade de água existente na argila até atingir 200° C. No final do cozimento constata-se uma diminuição, encolhimento, de mais ou menos 10% em seu tamanho e volume, ficando a peça porosa e não impermeável. Uma queima cuidadosa de biscoito dura cerca de oito horas e deve-se aguardar, pelo menos, outras oito horas para abrir totalmente a porta do forno, sob o risco das peças racharem em decorrência do choque térmico.

Eliminação, durante a queima de biscoito, de água contida no barro. O calor produzido pelo forno atua sobre a peça cerâmica de fora para dentro, ao contrário da evaporação da água que ocorre de dentro para fora. Já que a camada externa da peça seca mais rápido do que a interna ela se contrai primeiro, fechando os poros da argila. Isto dificulta a saída da água de seu interior, ocasionando uma tensão de sentido contrário: do

interior para o exterior que pode ocasionar danos. Deve-se notar que se a temperatura do forno subir rapidamente, no início da queima, a camada externa irá se deformar (empenar) e rachar, em razão da argila conter muita água. Isto é que justifica a recomendação de que a queima de biscoito deva ser bastante lenta do seu período inicial até atingir 200 graus aproximadamente.

Existem artifícios para tornar o barro mais magro, com menos água na sua composição. Um deles é adicionar argila refratária à massa cerâmica. Com esta medida o barro vai se tornar mais poroso facilitando a saída da água durante o cozimento. Na indústria resolve-se este problema fazendo a secagem numa atmosfera úmida. A peça depois de aquecida é transferida do ambiente interior mais quente para o exterior mais frio. Isto induz a saída da água já que a camada exterior irá resfriar-se mais rápido do que a interior.

Esmalte é um produto vitrificável resultado da mistura de substâncias minerais que, ao derreterem, se fundem a uma determinada temperatura, aderindo ao corpo cerâmico. Na sua composição química entram minerais naturais, substâncias extraídas de minerais e outras produzidas quimicamente. Qualquer esmalte, seja de baixa, média ou alta temperatura, contém três elementos básicos: Sílica. Por ser o elemento formador do vidro é o principal ingrediente do esmalte, chegando até a 50% de sua composição. É encontrada em areias, argilas e cinzas de madeira. Sua apresentação é em forma de um pó branco moído muito fino. Fundente. Material que faz a sílica fundir num grau inferior à sua temperatura normal de fusão que é de 1700°C, muito acima da temperatura máxima dos fornos de cerâmica. Existem diversos tipos de fundentes que se adequam ao tipo de esmalte que se deseja, de baixa, média ou alta temperatura, fosco ou brilhante, opaco ou transparente, áspero ou suave. Estabilizante. Serve para que o esmalte quando derretido, depois de fundido, permaneça na superfície da peça sem escorrer. O óxido de alumina é o controlador da viscosidade do esmalte, mantendo-o estável. O esmalte, após a queima e o esfriamento, forma uma camada dura e impermeável que deixa a peça mais resistente e bem acabada.

Esmaltação. A aplicação do esmalte na peça ocorre de vários modos. Por imersão (segurando a peça com uma pinça ou com a própria mão e imergindo-a em um recipiente contendo esmalte); por "derramado" (derramando o esmalte sobre a peça) ; por pulverização (aplicando o esmalte com uma pistola de pintura acionada por um compressor de ar); ou utilizando pincéis, esponjas etc.

A segunda queima ou queima de esmalte (vidrado) é feita em temperatura mais alta do que a de biscoito. Ao contrário desta, seu final, deve ser lento para que haja tempo do esmalte fundir-se completamente. É o momento em que a peça obtém sua cor definitiva. Caso se utilize um esmalte transparente, só será realçada a cor da argila. O vidrado torna a peça impermeável ficando a superfície bem lisa. Nesta queima pode-se usar esmaltes de alta (+ de 1200 graus C); média (até 1200 graus C) e baixa (até 1100°C)

Monoqueima. É o método em que a peça ainda crua só vai uma vez ao forno, já com esmalte aplicado. Apesar do menor gasto com energia elétrica e da maior rapidez no resultado final, este tipo de queima envolve muitos riscos. As peças ficam mais quebradiças antes de enfiar porque a argila crua, quando esmaltada, assimila uma grande quantidade da água. Os esmaltes também costumam dar problemas no acabamento e na cor. O que se constata é que não são muitos os ceramistas que usam a queima única.



Arrumação das peças no forno. Na queima de biscoito não há grande dificuldade quanto a isto. As peças podem ser colocadas em diversas posições e até empilhadas. O maior cuidado é não deixar de apoiá-las corretamente para que não empenem. Na queima de esmalte, deve-se ter o maior cuidado quanto à distância entre as peças. Uma boa medida é deixar cerca de um centímetro entre elas para que não grudem entre si, quando da fusão do esmalte. Em todas as queimas a arrumação deve ser uniforme, quanto ao tamanho e altura, visando otimizar o uso do espaço disponível e permitir a repartição do calor igualmente. Não se deve deixar de passar nas prateleiras uma

camada da mistura de caulim e quartzo, na base de 50 por 50, dissolvida em água, para que o esmalte, caso escorra, não grude de forma irreversível.

Terminada a queima há a necessidade de que o resfriamento das peças se dê paulatinamente durante, pelo menos, o mesmo tempo de sua duração. Só após a temperatura baixar até cerca de 200° C é que se poderá entreabrir a porta do forno. Passada uma hora, aproximadamente, pode-se iniciar a retirada das peças que, mesmo assim, ainda estarão bem quentes. O uso de luvas é recomendado para o manuseio nesta ocasião. OBS. Se este procedimento não for obedecido (resfriamento lento) há o risco das peças racharem ao ocorrer o choque térmico - encontro com a atmosfera exterior mais fria.

Barbotina. É a argila misturada com água em estado pastoso. Usa-se para unir pedaços de argila, juntar duas placas, colocar alças, bicos ou aplicar decoração

Engobe. É a argila em estado mais líquido que a barbotina acrescida de outros materiais - óxidos corantes ou pigmentos. Sua aplicação visa obter efeitos decorativos nas peças, no que se refere à tonalidade de cores.

Óxidos corantes. São minerais em sua maioria tóxicos. Deve-se ter muito cuidado ao manuseá-los. Recomenda-se muita atenção para não colocar as mãos na boca, nariz, olhos durante o trabalho e não deixar de lavá-las com sabão ao final. Alguns dos resultados que podem ser obtidos com o uso de óxidos misturados ao engobe: óxido de ferro - pigmentos amarelos e marrons; óxido de cobalto - tons azuis; óxido de cobre - tons verdes; óxido de cromo - tons verdes escuros e rosas quando associado ao estanho. Estes resultados não são precisos já que outros fatores interferem no processo: o tipo de argila usada; características da queima, sua temperatura, duração etc. Outro fator determinante, no que se refere aos matizes a serem obtidos, é o percentual do óxido agregado à argila. Por esta razão é aconselhável fazer testes começando com quantidades pequenas (entre 2 a 5%) e ir aumentando a dosagem até conseguir o resultado desejado.

Quando se usam pigmentos, no entanto, o resultado final das cores torna-se previsível, já que eles são estáveis.

Moldes. Uma das maneiras de se confeccionar peças cerâmicas é usando moldes. Estes podem ser de gesso, de cerâmica (preferencialmente ainda em biscoito), de vidro, de plástico, de cimento, de silicone e outros materiais. O mais usual é o uso de moldes de gesso. Eles têm como principal vantagem o fato de absorverem rapidamente a umidade do barro. O processo é relativamente simples. Coloca-se uma placa de argila sobre o molde e pressiona-se para haver uma completa aderência à forma. A seguir espera-se secar até o ponto em que a peça saia facilmente, sem deformar. Um dos cuidados que deve ser observado é não deixar de passar na superfície interna do molde um desmoldante -talco, maisena ou sabão líquido fazem o mesmo efeito. Esta providência impedirá a adesão da argila ao molde dificultando sua retirada. Existem moldes especialmente concebidos para o uso de argila líquida. Neste caso derrama-se a argila, por um orifício, e espera-se secar. Uma parede, aos poucos, vai se formando internamente. Posteriormente abre-se o molde e retira-se a peça já perfeitamente moldada. Os passos seguintes serão: dar acabamento, secar, queimar biscoito, esmaltar etc como se procede habitualmente. O método da argila líquida é empregado em grande escala na produção industrial.

Queima de R A K U. O Raku surgiu no Japão no século XVI e sempre foi ligado ao cerimonial do chá. Seu significado é felicidade e prazer.

O modo da queima, hoje no ocidente, é diferente da efetuada originalmente pelos japoneses. Uma das grandes "vantagens" do Raku é que a queima final é bem mais rápida do que a habitual. O processo em si, na maioria dos aspectos, é idêntico ao da cerâmica tradicional. Secar, queimar biscoito, esmaltar e enforar. Qualquer tipo de argila pode ser usada desde que contenha chamote (material imprescindível para resistir ao choque térmico). Esmaltes comerciais podem ser aplicados, mas se forem mais elaborados, podem-se obter resultados especiais e



exclusivos. Estes diferenciais são, certamente, fatores positivos no momento da comercialização das peças. O uso de engobes na queima de Raku garante um efeito decorativo muito satisfatório. O craquelado é uma das características desta queima. As rachaduras escurecem pelo efeito da fumaça e realçam claramente as pequenas fraturas na

camada superficial do esmalte. No Raku, as partes não esmaltadas ficam com a tonalidade escura. Os fornos utilizados são a gás e de dois tipos: Os montados com tijolos refratários, fixos num determinado local, muito pesados; e os feitos de alumínio ou ferro e isolados com manta cerâmica. Estes são leves e fáceis de serem removidos. A temperatura do cozimento situa-se em torno de 900° a 1000°C e leva cerca de uma hora. A combustão se dá com o uso do gás de botijão, com chama regulada por maçarico. As peças são retiradas do forno ainda incandescentes, com o esmalte no ponto de fusão, seguras por pinças, e são colocadas num recipiente com tampa contendo serragem, ou folhas, ou jornais. Neste momento o material entra em combustão e inicia-se a redução (queima do oxigênio). Como resultado processa-se a transformação dos óxidos metálicos surgindo colorações, as mais inusitadas. Após algum tempo retira-se a tampa do recipiente e com luvas pegam-se as peças que necessitam ser lavadas e escovadas para a retirada dos resíduos. Outro processo também usado, diferente da redução, consiste em mergulhar a peça, ainda incandescente, em um recipiente com água. Ao contrário do que se possa pensar, isto geralmente não provoca rachadura face ao choque térmico, a não ser que a argila, quando da moldagem, tenha tido alguma emenda ou reparo feito incorretamente, ou a peça tenha uma parede bastante fina. Muito importante é não esquecer de trabalhar com segurança neste tipo de queima. Não deixe de usar máscara, óculos, luvas, roupas adequadas, calçados etc. Deve-se notar que a fumaça originária da queima do Raku é tóxica devendo-se evitá-la o mais que se puder.

CICLO DE PRODUÇÃO



sistema alternativo de energia



suprimento de matéria-prima



pó de cascalho (para adicionar à argila)



painel: área de produção



produção



produção



sistema de alimentação de calor para secador



armazenamento pré-secagem



transferência dos produtos após secagem



produtos prontos para queima

posterior queima



estoque de refilos de madeira utilizados

para queima



comando e controladores

do forno de queima



forno túnel morando



entrada do produto no forno



saída do forno



produtos após a saída do forno



paletização



armazenamento



produtos armazenados



produtos classificados

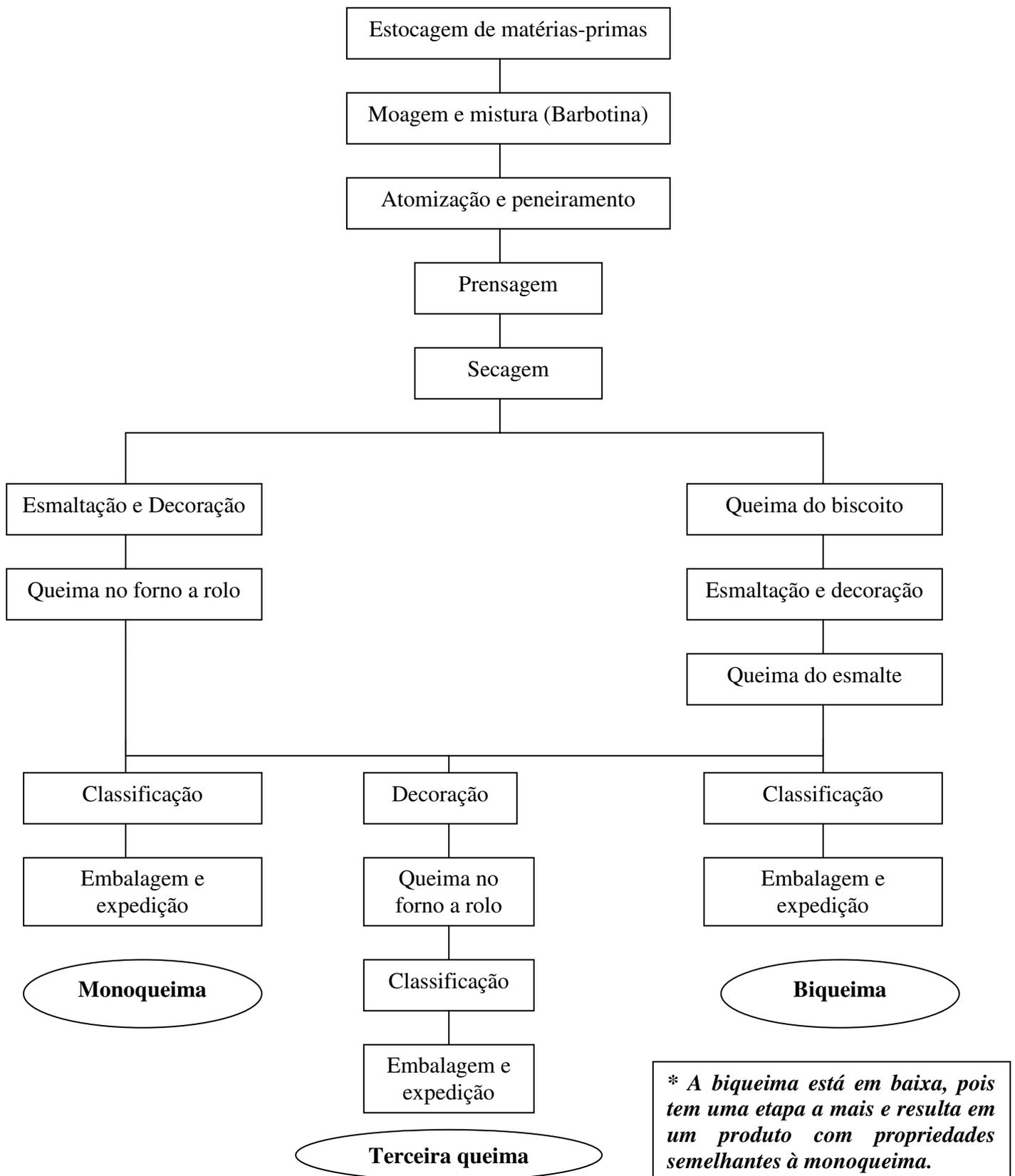


carregamento para transporte



transporte dos produtos

FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES CERÂMICOS



** A biqueima está em baixa, pois tem uma etapa a mais e resulta em um produto com propriedades semelhantes à monoqueima.*

MATERIAIS CERÂMICOS PARA CONSTRUÇÕES

RESUMO HISTÓRICO.

O emprego dos produtos cerâmicos, obtidos por cozimento de argilas, primeiro ao sol depois em fornos, iniciou-se naqueles lugares onde escasseava a pedra e eram abundantes os materiais argilosos. A própria bíblia registra o uso de tijolos na construção da Torre de Babel. A argila cozida é muito frágil e rompe-se em muitos pedaços, estes porem, tem uma duração extraordinária. Por ser material barato, pois a matéria-prima é abundante, os produtos cerâmicos tornaram-se logo algo essencial na historia da humanidade.

Os egípcios e gregos pouco usaram o tijolo, e assim mesmo como material secundário. O mesmo não se pode dizer dos romanos, no seu domínio sobre o mundo, os romanos levaram seus conhecimentos cerâmicos a todas as partes. Coube, porém, aos árabes revalorizar extraordinariamente este material, a ponto de seu uso caracterizar a arquitetura maometana.

ARGILAS:

CONSTITUIÇÃO

Os produtos cerâmicos são materiais de construção, obtidos pela secagem e cozimento de materiais argilosos. As matérias-primas empregadas na fabricação de produtos cerâmicos são as argilas e os desengordurantes, sendo as primeiras a matérias ativas, e os segundos os materiais inertes que diminuem a plasticidade.

Denomina-se argila ao conjunto de minerais, compostos principalmente de silicatos de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem com a água uma plástica suscetível de conservar a forma moldada, secar e endurecer sob a ação do calor. Formaram-se as argilas, na crosta terrestre, pela desintegração de rochas ígneas sob a ação incessante dos agentes atmosféricos. Sua origem mais comum são os feldspatos – minerais existentes nos granitos e pórfiros – mas a argila pode formar-se igualmente a partir de gnaisses e micaxistos.

As diferentes espécies de argilas consideradas como puras, são na realidade misturas de diferentes hidrossilicatos de alumínio, denominados "materiais argilosos". Os materiais argilosos são unidades estruturais simples e se diferenciam uns dos outros pela diferente relação entre sílica e alumina, pela quantidade de água de constituição e pela sua estrutura. São muitos os materiais argilosos, mais somente três tem importância para fabricação de produtos cerâmicos: a caulinita, a montmorilonita e a illita, todas com estrutura laminar ou foliácea.

CLASSIFICAÇÃO DAS ARGILAS

As argilas classificam-se, segundo a sua estrutura, em:

- Estrutura laminar ou foliácea;
- Grupo das caulinitas;
- Grupo das montmorilonitas;
- Grupo das micáceas.
- Estruturas fibrosas.

Somente as de estruturas laminar são usadas na fabricação de produtos cerâmicos. As caulínicas são as mais puras e usam-se na indústria de refratários, porcelana e cerâmica sanitária. As montmorilonitas são pouco usadas; muito absorventes e de grande poder de inchamento, são misturadas com as caulínicas para corrigir a plasticidade. As micáceas são as mais abundantes e as mais usadas na fabricação de tijolos. Conforme o seu emprego, as argilas são classificadas em infusíveis, refratárias e fusíveis. As infusíveis são praticamente constituídas de caulim puro, e após o cozimento tem cor branca translúcida. Infusíveis a temperaturas elevadas são utilizadas para a fabricação de porcelanas.

As refratárias, também muito puras, não se deformam à temperatura de 1500° C e tem baixo coeficiente de condutibilidade térmica; são usadas para revestimentos de fornos. As fusíveis são as mais importantes, deformam-se e vitrificam-se a temperaturas inferiores a 1200° C. São fusíveis as fugulinas, que tem cor cinza azulado e são ótimas para telhas e tijolos.

PROPRIEDADES DAS ARGILAS

As argilas, para serem utilizadas na indústria cerâmica, devem apresentar certas características essenciais e outras acidentais ou secundárias. As características essenciais são determinadas pela plasticidade, pela capacidade de absorção e cessão de água, e pelo seu comportamento ao calor: alteração de volume durante a secagem e o cozimento. As características secundárias são determinadas pela fusibilidade, porosidade e cor.

IMPUREZAS

A cor avermelhada da argila é devido ao óxido férrico. Algumas impurezas melhoram a resistência, aumentam a plasticidade e a refratariedade. Às vezes ocasionam defeitos sobre a argila crua ou sobre o produto cozido. Se a argila vai ser usada para porcelana fina e branca, não pode conter óxido de ferro; se for para material refratário, não pode conter fundentes. O efeito depende da natureza, percentagem, tamanho e forma dos grãos, tanto da argila como das impurezas, bem como da temperatura da queima, duração da secagem e atmosfera do forno.

PURIFICAÇÃO DA ARGILA

A purificação da argila tem por objetivo eliminar, no todo ou em parte, as impurezas ou anular os seus efeitos.

PROCESSOS MECÂNICOS

A) lavagem, para eliminar sais solúveis, areia, granito, nódulos de cal, pintas, cristais de gesso. A separação é feita por suspensão e sedimentação e às vezes por filtração;

B) peneiramento de partículas sólidas maiores que a abertura da peneira;

C) trituração, por meio de moinhos de rolos e máquinas laminadoras.

PROCESSOS QUÍMICOS

Não eliminam, mas anulam os efeitos. Por exemplo, a ação da cal é eliminada por:

D) imersão do tijolo queimado, ao sair do forno, em água (têmpera). Cão dá Ca(OH)_2 ; a reação se estende por toda a massa do tijolo;

E) queima regular do tijolo, até que a cal se combine na forma de compostos inofensivos;

F) adição de substâncias que apaguem o cal, durante a queima.

PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS

Um exemplo é a flotação. Em cerâmica fina se separam os óxidos por meio de filtros eletromagnéticos.

FABRICAÇÃO DE PRODUTOS CERÂMICOS

A fabricação dos produtos cerâmicos compreende várias fases, desde a exploração do barreiro e tratamento prévio da matéria-prima, passando pela homogeneização, moldagem e secagem do material até sua queima.

EXPLORAÇÃO DAS JAZIDAS

Quando se tem em vista a exploração de uma jazida de argila, deve-se inicialmente fazer um estudo completo das características do material que será explorado e do volume que se poderá dispor.

Qualitativamente, o estudo do material será feito quanto a sua composição – teor de material argiloso – pureza e características físicas.

TRATAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA:

O tratamento compreende todos os processos de depuração, divisão, homogeneização e obtenção da umidade adequada da matéria-prima. Estas operações, de maneira geral, precedem a fabricação propriamente dita dos produtos cerâmicos, que compreende a moldagem, a secagem e o cozimento dos mesmos.

Depuração: por depuração entenderemos a eliminação de impurezas que possam prejudicar o material, tais como grãos duros, nódulos de cal, sais solúveis, etc., que, além de produzir uma perturbação no tratamento mecânico posterior e dar uma secagem anormal, tem ações químicas prejudicial, que diminui a qualidade do produto fabricado.

Divisão: o grau de divisão deve ser tal que as operações posteriores se realizem nas melhores condições. Para as argilas basta, em geral, uma redução a pequenos fragmentos.

Homogeneização: a homogeneização da pasta é condição essencial para a obtenção de um bom produto. As argilas e o desengordurantes devem misturar-se o mais intimamente possível e com a quantidade de água precisa, pois esta aumenta a facilidade de homogeneização.

Umidificação: - quantidade de água – quanto maior a quantidade de água na pasta, mais fácil de se conseguir a homogeneização. Isto é verdadeiro para a cerâmica fina, pois em cerâmica de construção deve-se considerar que a quantidade de água misturada na pasta tem um limite, pois a água juntada de vera ser eliminada depois.

PROCESSOS NATURAIS DE TRATAMENTO

Compreende geralmente a mistura, meteorização, amadurecimento, apodrecimento e levigação da matéria-prima.

Mistura: a argila, uma vez extraída, deve ser misturada com outras ou com desengordurantes, tendo em vista as correções relacionadas com a plasticidade ou outras características essenciais.

Meteorização: consiste no processo em submeter à argila recém extraída à ação dos agentes atmosféricos. A argila é disposta em camadas alternadas com um desengordurante, cada conjunto com espessura total de 80 cm. Sob a ação das chuvas, o material sofre lavagem e desagregação, dissolvem-se e eliminam os sais solúveis, eliminam-se as piritas por oxidação e posterior dissolução, e desagregam-se os torrões maiores; com isto é melhorada a qualidade das argilas.

Amadurecimento: a argila é deixada em repouso ao abrigo das intempéries, num prazo de tempo ditado pela experiência, normalmente 24 horas na preparação das pastas para fabricação de tijolos e telhas.

Apodrecimento: consiste em deixar-se a pasta em ambientes abrigados e frios, sem circulação de ar e pouca luz, procurando manter-se a pasta com umidade constante. Julga-se nestas condições se desenvolvem bactérias que dão origem (segregam) as substâncias (gel) que atuam como aglomerantes aumentando a plasticidade das argilas.

Levigação: processo de lavagem e purificação por decantação. Trata-se também de um tratamento muito dispendioso, empregado quando as argilas devem apresentar uma determinada pureza para a fabricação de peças especiais.

PROCESSOS MECÂNICOS DE TRATAMENTO

Para fábricas de maior porte, onde a quantidade de argila manipulada diariamente é considerável, a adoção dos processos descritos anteriormente exigiria grandes áreas e armazéns e, em consequência, a imobilização de grandes capitais. Como a preparação deve ser barata, por exigência do produto fabricado, devem ser economizados espaços e tempo, o que se consegue usando maquinaria apropriada que produza nas terras o mesmo efeito daqueles processos, com maior rapidez e menor área.

Todas as operações dos tratamentos das argilas, como depuração, divisão, homogeneização umedecimento, antes da moldagem, podem realizar-se por via mecânica, fazendo-se passar a pasta por um trem de preparação, que compreende normalmente:

- Trituradores;
- Peneiradores com lavagem;
- Misturadores;
- Amassadores;
- Raspadores;
- Laminadores.

MOLDAGEM

Os métodos de moldagem de produtos cerâmicos são três: o da argila mole, o da argila rija e o da prensagem a seco, utilizando-se respectivamente em cada um deles a pastas brandas, pastas duras e pastas secas. No processo da argila mole, as peças são moldadas à mão ou a máquina, em formas onde é colocada areia ou então são molhadas, para evitar que a argila adira ao molde. Na moldagem mecânica ou são moldadas séries de 4 ou 8 peças, ou se utiliza à conformação pela passagem por bocal. Nos processos da argila rija e prensagem a seco, usam-se marombas providas ou não de dispositivo de vácuo, com parafuso sem-fim que força o material contra um bocal de forma predeterminada, ou então prensas automáticas.

SECAGEM

Os produtos cerâmicos, ao sair dos moldadores, contem 7% a 30% de umidade, dependendo do sistema de moldagem, se em marombas com ou sem câmara de vácuo, se em moldadores de prensa. Grande parte desta umidade é removida na secagem e a restante durante o processo de cozimento. Durante a secagem evapora a água livre, permanecendo no material uma umidade de equilíbrio, ou seja, aquela capaz de provocar um tensão de vapor igual à existente no ar ambiente nas suas condições de temperatura e grau higrométrico.

A secagem natural é feita colocando o material moldado em lugares de franco acesso de ar e protegidos de ventos e raios de sol. A perda de umidade é acompanhada pela contração do produto cerâmico, sendo esta tanto maior quanto maior o grau de umidade da argila.

QUEIMA

Para efetuar, em boas condições, a queima de um produto cerâmico, não basta elevar a temperatura do forno a um determinado valor e deixar depois esfriar o material. Durante a queima dão-se transformações estruturais da argila, o que obriga com uma marcha de aquecimento e esfriamento típica para cada produto. Se a queima for feita em marcha lenta, os perigos em grandes partes serão afastados, mas haverá um gasto excessivo de combustível. A queima rápida é economicamente interessante, mas a qualidade do produto pode ressentir. A curva temperatura-tempo de um forno pode ser obtida a partir das análises térmicas da argila (relação temperatura-variações dimensionais e perda de peso). A queima dos produtos cerâmicos é feita em três o quatro dias. A operação pode ser dividida em três estágios: 1) desidratação; 2) oxidação e 3) vitrificação.

PRODUTOS CERÂMICOS PARA CONSTRUÇÃO

CLASSIFICAÇÃO GERAL

Os produtos cerâmicos podem ser classificados de acordo com o seguinte esquema:

Materiais de argila (materiais de cerâmica vermelha):

1. Porosos: tijolos, telhas, ladrilhos, peitoris, etc.;
2. Vidrados ou gresificados: ladrilhos, tijolos especiais, manilhas, drenos, conduites.

Materiais de louças:

3. Pó de pedra: azulejos, materiais sanitários;
4. Grés: materiais sanitários, pastilhas e ladrilhos;
5. Porcelana: pastilhas e ladrilhos, azulejos, porcelana elétrica.

Materiais refratários:

6. Silicosos;
7. Sílico-aluminosos;
8. Aluminosos;
9. Magnesitas;
10. Cromomagnesita;
11. Cromita.

DEFEITOS CERÂMICOS

Como Identificar?

Relacionamos abaixo os defeitos mais comuns em pisos e revestimentos cerâmicos, sejam eles naturais ou esmaltados, os quais, quando detectados, devem ser rejeitados e / ou substituídos por produtos de qualidade antes de sua especificação ou compra, para evitar-se prejuízos de até cinco vezes o valor do produto, levando-se em conta o consumo de argamassas colantes, rejuntas, produtos de limpeza, impermeabilizantes e mão-de-obra, sem considerar-se sua durabilidade, o que poderá elevar ainda mais o prejuízo e seus aborrecimentos:

"Coração Negro": Manchas escuras ou esbranquiçadas no interior (secção) da massa dos biscoitos (plaquetas) cerâmicas mal queimadas, resultantes de reduzidos e

inadequados ciclos de queima e de compactação. São manchas formadas por gases e materiais orgânicos que não exalaram durante o reduzido ciclo de queima (baixa temperatura e tempo reduzido de queima). Produtos com "coração negro" podem inchar (estufar), descolar, folhear, gretar, trincar, formar bolhas, erupções e provocar manchas e descolorações em seus espelhos (superfícies). Como identificar: Quebre uma ou mais plaquetas cerâmicas em diversas partes e verifique se há presença de manchas ou sombreamento em suas secções

Elevada Absorção de Umidade: Produtos cerâmicos mal queimados e de granulometria de massa inadequada (grão com dimensões acima dos padrões) apresentam elevado índice de absorção d'água (acima de 10%), cores de tonalidades pardas do tipo "tijolo cru". Argilas inferiores, de características físico-química inferiores, também denominadas de "barro ou cerâmicas de barranco, podem apresentar baixíssima resistência à flexão e ao desgaste, elevada absorção e dilatação, descolamento e destorramento sob ação de intempéries e maresias.

Como identificar: passe a ponta do dedo umedecido com saliva e deslize suavemente sobre a base (muratura) da plaqueta cerâmica. Se o dedo "travar" e a mancha de umidade desaparecer ou for rapidamente absorvida, a absorção de umidade da(s) mesma(s) provavelmente é superior a 10% (até 20 %) e possivelmente a dilatação será superior a 0,6 mm / m (algumas até 3 mm/m). Em produtos esmaltados, deposite um pouco de água no centro da base (muratura), aguarde alguns minutos, verifique se houve absorção muito rápida, vire a peça e observe se há manchas de umidade no centro do esmalte (de cores claras). Neste caso, além do excesso de absorção, pode-se observar se o esmalte é de boa ou má qualidade, se sua espessura é ou não apropriada. Estes critérios de avaliação somente poderão ser atribuídos para produtos de características "gres" ou "semi-gres", prensados (compactados) ou extrudados (marombados). Estes critérios de identificação não servem para azulejos de massa monoporosa, cuja absorção é de aproximadamente 18%; próprio do tipo de massa de excelente ancoragem e "cristalização / fixação" da argamassa colante com a base de azulejo.

Elevada dilatação: produtos cerâmicos mal queimados, de granulometria e compactação inadequadas, normalmente apresentam dilatação acima de 0,6 mm / m, alguns chegando a até 3 mm / m, além de baixíssima resistência à flexão, ao desgaste e durabilidade, podendo desprenderem-se (descolarem-se), gretarem, trincarem, mancharem, destorrarem-se (desintegrarem-se), etc..

- Como identificar: proceda na prática do mesmo modo que no caso de produtos com elevada absorção (> 10 %). Em testes laboratoriais, também denominados de expansão por umidade (EPU) ou expansão por hidratação, o índice de dilatação é realizado através de estiramento peças cerâmicas umedecidas, dimensões padrões, com medidas aferidas por micrômetro ou paquímetro.

Normas técnicas: produtos cerâmicos de características "grês" ou "semi-grês", processados a partir de argilas inferiores, não homogeneizadas e não sazoadas, mal queimadas (reduzidos ciclos de queima - temperatura x tempo), com excesso de absorção de umidade e excesso de dilatação (EPU > 0,6 mm / m), não atendem as normas técnicas NBR 13818 / 97, ISO 10.545 e AICE / ITC por comprometerem seriamente sua qualidade e durabilidade, além de sérios riscos à segurança, quando aplicadas em fachadas prediais ou paredes em geral, inclusive podem não atenderem às exigências mínimas do código de defesa do consumidor para o segmento de construção civil (garantia mínima de 5 anos).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

PETRUCCI, Eládio G. **Materiais de Construção**. Porto Alegre. Ed.Globo. 1975.

VERÇOSA, Ênio José. **Materiais de Construção**. Vol 1. Porto Alegre. Ed.Sagra. 1982

VLACK, Lawrence H. Van. **Propriedades dos Materiais Cerâmicos**. São Paulo. Ed.Edgard Blucher

DOYLE, Lawrence Edward. **Processos de Fabricação e Materiais para Engenheiros**. São Paulo: Edgard Blüches, 1978.

VAN VLACK, Lawrence Hill. **Princípios de Ciência dos Materiais**. São Paulo: Edgard Blüches, 1970.

VERÇOZA, Ênio José. **Materiais de Construção**. Porto Alegre : Sagra, 1987. v.1 e 2.

GUY, A. G. **Ciência dos Materiais**. Rio de Janeiro : São Paulo, LTC/EDUSP, 1988.

Van VLACK , L.H. - **Propriedades dos Materias Cerâmicos**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher Ltda., EDUSP, 1973, 318p.

NORTON, F. H. - **Introdução à Tecnologia Cerâmica**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher Ltda. EDUSP, 1973, 324p.

SINGER, F. e SINGER, S.S. - **Industrial Ceramics**. Londres. Chepman e Hall Ltda, 1971, 1455p.

Van Vlack, L.H. - **Princípios de Ciência dos Materiais**, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda. EDUSP, 1970, 427p.

REED, James, S. – **Principles of Ceramics Processing**, 2^a edição, John Wiley & Sons, Inc, 1995, 658p.

- www.princesa.ind.br/linhaproducao.html
- www.ceramicanorio.com/beaba.html
- www.abceram.org.br