

Matérias-primas cerâmicas

Matérias primas

Grande quantidade de materiais podem ser utilizados como matérias-primas para a indústria cerâmica

- matérias-primas naturais
- matérias-primas sintéticas



Matérias primas naturais

Matérias primas naturais usadas na indústria cerâmica são compostas principalmente por minerais cristalinos inorgânicos, não metálicos, formados processos geológicos complexos.

Suas propriedades cerâmicas são grandemente determinadas pela estrutura cristalina e pela composição químicas dos seus constituintes essenciais e pela natureza e quantidade dos minerais acessórios presentes.

Propriedades cerâmicas:

- todas aquelas que são importantes para o processo de fabricação e propriedades finais do corpo cerâmico tais como:
 - Propriedades de conformação dos pós:
 - densidade de empacotamento do pó solto e após conformação
 - fluidez do pós solto
 - propriedades para obtenção da barbotina
 - propriedades para a obtenção de massa plástica



- Resistência mecânica do corpo a verde
 - Retração de secagem
- Propriedades de queima
 - Sinterabilidade
 - retração de queima
 - Perda ao fogo
 - Reatividade com outras matérias-primas
 - temperatura de formação de fase líquida
- Propriedades do corpo cerâmico após queima
 - resistência mecânica
 - cor após queima
 - porosidade



Características das matérias primas que são determinantes para o seu comportamento nas várias etapas do processamento:

- composição química
- composição mineralógica
- características físicas das partículas, ou seja, forma, distribuição de tamanho, estado de aglomeração
- propriedades de superfície e capacidade de troca de cátions



Na indústria cerâmica

➤ Controle das etapas de processamento (conformação, secagem, queima, aplicação de vidrado e decoração)



Necessidade de conhecer algumas propriedades dos minerais e seus agregados, presentes nas matérias primas



Selecionar um conjunto de propriedades importantes de cada matéria prima de modo que se possa antecipar efeitos danosos de mudanças em tais propriedades



Ensaio para a Caracterização de matérias primas

A – Caracterização estrutural , composição química e mineralógica

1. análise química
2. análise térmica diferencial
3. análise termogravimétrica;
4. difração de raios-x;
5. Análise microscópica: ótica e eletrônica

B- Caracterização Física

1. Tamanho e distribuição de tamanho de partículas, aglomerados e agregados
2. Tamanho, forma e textura de partículas, aglomerados e agregados
3. Área específica
4. Massa específica real e aparente do pó
5. Porosimetria
6. Cone pirométrico equivalente(refratariedade) se para refratários;
7. Ponto de fusão e de amolecimento



C – Caracterização Química

1. Capacidade de troca de cátions
2. Estabilidade após queima ou calcinação
3. Solubilidade em diversos meios

D – Comportamento reológico de massas plásticas e suspensões líquidas

1. Viscosidade de suspensões e curvas de defloculação
2. Determinação de índices de plasticidade

E – Ensaios Cerâmicos

1. Resistência mecânica de corpos a verde e sinterizados
2. Retração de secagem e queima
3. Densidade aparente e porosidade aparente
4. Cor após queima
5. Ensaios de empacotamento
6. Fluidez do pó
7. Perda ao fogo



Interpretação de uma análise química

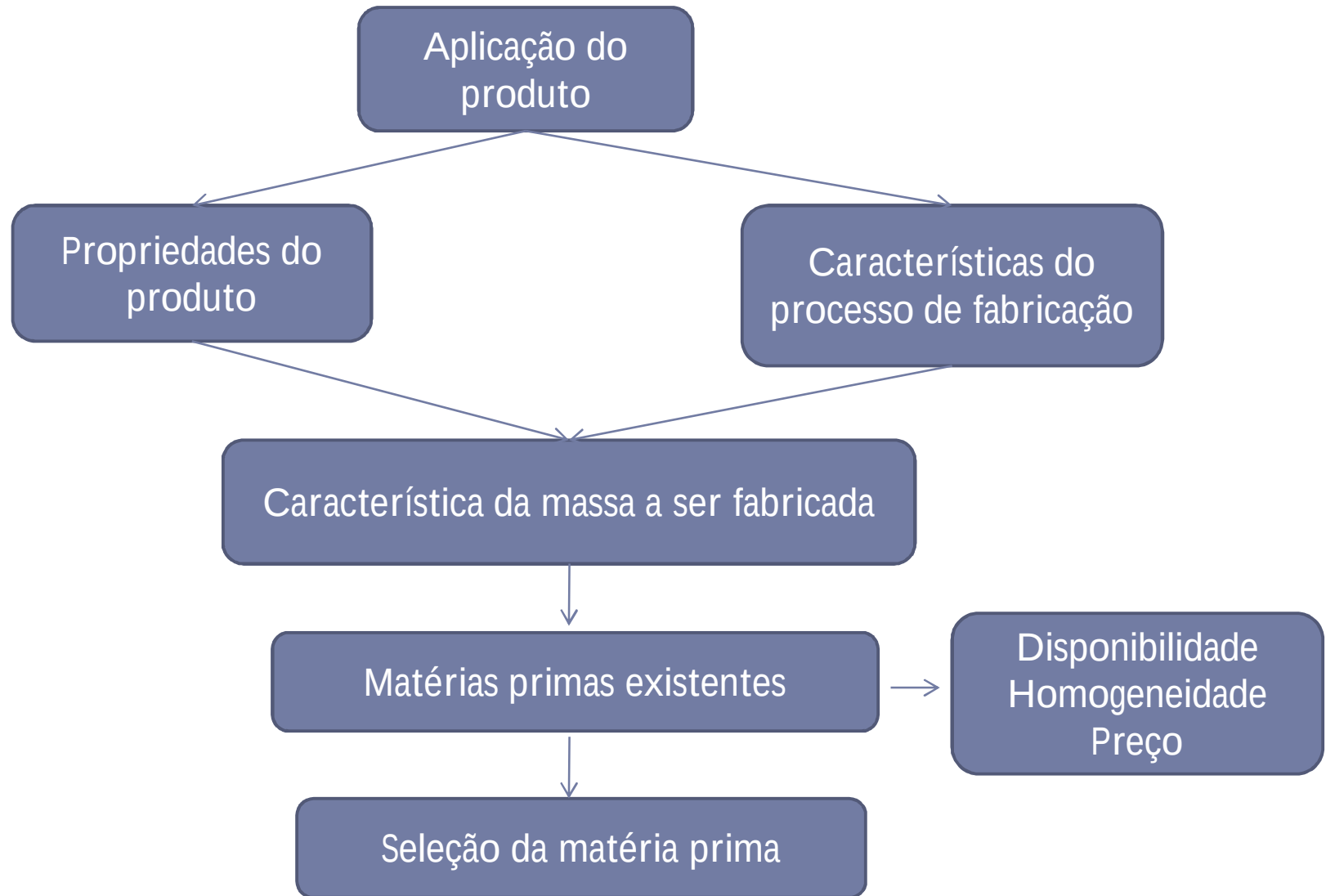
Na ₂ O K ₂ O	Fundentes, conferem resistência mecânica Adequados para queima de 950°C a 1000°C
CaO MgO	Calcita dolomita e massas calcáreas requerem moagem e temperaturas de queima aproximadamente a 1100°C
SiO ₂	Importante saber se é quartzo livre
Al ₂ O ₃	Eleva muito a temperatura de queima. Boa para tijolos refratários
Fe ₂ O ₃	Quando livre, dá a cor vermelha
TiO ₂	Desvia a cor vermelha para o tom alaranjado
MnO ₂	Cor de queima marrom
Perda ao fogo (PF)	Matéria-orgânica, CO ₂ proveniente da decomposição de calcáreos Água estrutural das argilas (até 12%)



Ensaio	O que indica um resultado elevado
Retração de secagem elevada	Indica tendência a trincas de secagem Indica variação de tamanhos quando varia o teor de água
Retração de queima elevada	Indica variação de tamanhos na queima
Resistência a verde elevada	Indica provável plasticidade elevada
Perda ao fogo elevada	Indica a presença de matéria orgânica e de calcários
Variação na cor de queima	Sinaliza variação na jazida
Resistência elevada	Indica a presença de fundentes (queima 950°C)
Limites de plasticidade	Quanto mais separados, mais plasticidade, mais água para extrudar, maior retração de secagem



Critérios de seleção de matérias-primas



Relação entre tipo de produto, tratamento de matérias primas

Produto cerâmico	Tratamento de matérias-primas	Custo
Cerâmica vermelha	Nenhum ou quase nenhum - Desagregação, homogeneização, acerto de umidade	Baixo
Cerâmica branca, refratário	-Purificação por processos mecânicos - moagem e classificação granulométrica - calcinação	Médio
Refratários especiais. Materiais eletrônicos e magnéticos	-Purificação química -Materiais sintéticos -Moagem de ultra finos	Alto



Quanto mais restritas forem as especificações para o produto (propriedades térmicas, elétricas, magnéticas, etc) e quanto maior a produtividade do processo de fabricação (automação dos processos de conformação, velocidade de queima, etc)



Maior a importância do controle da matéria-prima e/ou maior a necessidade de tratamento das matérias primas



Indústrias cerâmicas - programa de qualidade, e principalmente o controle de qualidade de matérias primas,

➤ A qualidade de um produto cerâmicos depende do controle da matéria prima que entra na fábrica.

➤ No passado muitos acreditavam que o controle de qualidade da matéria prima implicava apenas em maiores despesas, o que reduzia o lucro imediato, e que era necessário se concentrar naquelas que entravam em maiores quantidades no percentual de uma composição, esquecendo que 1% pode estragar 100%.



- **Dependendo da mina ou jazida poderão ocorrer variações de composição indesejáveis, e que podem trazer transtornos para ambos os lados, o do consumidor e o do minerador.**
- **O controle de qualidade de uma matéria prima cerâmica praticamente começa no levantamento do potencial de uma jazida, e prossegue na mineração e vai até a formação de um lote e embarque. Os lotes que forem preparados necessitam serem amostrados e analisados**



Extração de matérias-primas

- Mapa geológico e cerâmico da região
- O transporte de matéria-prima além de 10 km torna-se inviável, exceto para desenvolver produtos de alto valor agregado (cerâmica vermelha)

Etapas:

- Legalização da jazida no DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), o qual exige o projeto do uso racional do subsolo
- IBAMA exige o projeto de recuperação do solo
- A extração deve ser planejada de modo a minimizar a agressão ambiental
- Após a legalização da jazida, deve ser feito o mapeamento cerâmico que antecipa a qualidade da matéria-prima

O solo pode ser comprado dos donos e o subsolo deve ser requerido do DNPM



Três atividades cerâmicas básica:

1. O conhecimento individual dos veios
2. A transformação gerenciada de matéria prima variável em lotes homogêneos
3. A aprovação desses lotes

Mapa cerâmico da jazida –conhecer antecipadamente a variação da jazida. Consiste numa malha de furos , por exemplo, a 30x30m, que mostram a estrutura tridimensional da jazida

A malha de furos permite preparar uma “biblioteca de corpos de prova queimados” (cor de queima, absorção, resistência, retração) – perfil cerâmico do subsolo



- Transformar uma variação caótica da natureza em uniformidade controlada por lotes
Um lote de matéria-prima, não deve ser utilizado antes de ser devidamente ensaiado e aprovado
- Aprovar um lote significa constatar que se encontra dentro dos limites de retração, absorção e resistência que foram estabelecidos para essa matéria prima.

PRODUZIR QUALIDADE É GERENCIAR VARIAÇÃO



Em cerâmica, na maior das vezes uma matéria prima com qualidade superior a especificada é tão negativa quanto uma abaixo das especificações.



Portanto boa matéria prima é aquela que apresenta sempre as mesmas características, sem variações.





Argilas

Principal matéria-prima cerâmica.

É uma rocha finamente dividida, constituída basicamente por argilominerais, podendo conter minerais que não são considerados argilominerais (calcita, gipsita, quartzo, pirita e outros), matéria prima inorgânica e outras impurezas

Principais características:

- ser constituída essencialmente por argilominerais, geralmente cristalinos;
- possuir elevado teor de partículas de diâmetro equivalente abaixo de 2 μm ;
- quando pulverizada e umedecida , torna-se plástica, após secagem é dura e rígida e após queima em temperaturas elevadas, adquire alta dureza.
- facilmente encontradas na natureza
- no processo de queima, propiciam o aparecimento de fase líquida numa faixa de temperatura bastante larga



Principais argilominerais:

- caulinita - $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
- pirofilita - $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
- Montmorilonita - $\text{Na}_{0,33}(\text{Al}_{1,67}, \text{Mg}_{0,33}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH}))$
- Mica – $\text{K}.\text{Al}_2(\text{Si}_3, \text{AlO}_{10})(\text{OH})_2$
- Ilita – $\text{Al}_{2-x}\text{Mg}_x \text{K}_{1-x-y}(\text{Si}_{1,5-y}\text{Al}_{0,5+y}\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$



Quanto à origem:

- argilas residuais

- são encontradas no mesmo local da rocha da qual se derivou, geralmente por alteração produzida por intemperismos sobre as rochas ígneas.
- impuras pois mantêm grande parte das fases presentes da rocha da qual se originou e que não sofreram alterações
- sua pureza depende da rocha de origem, do estágio de transformação
- impurezas mais comuns: quartzo, feldspato e gibsit

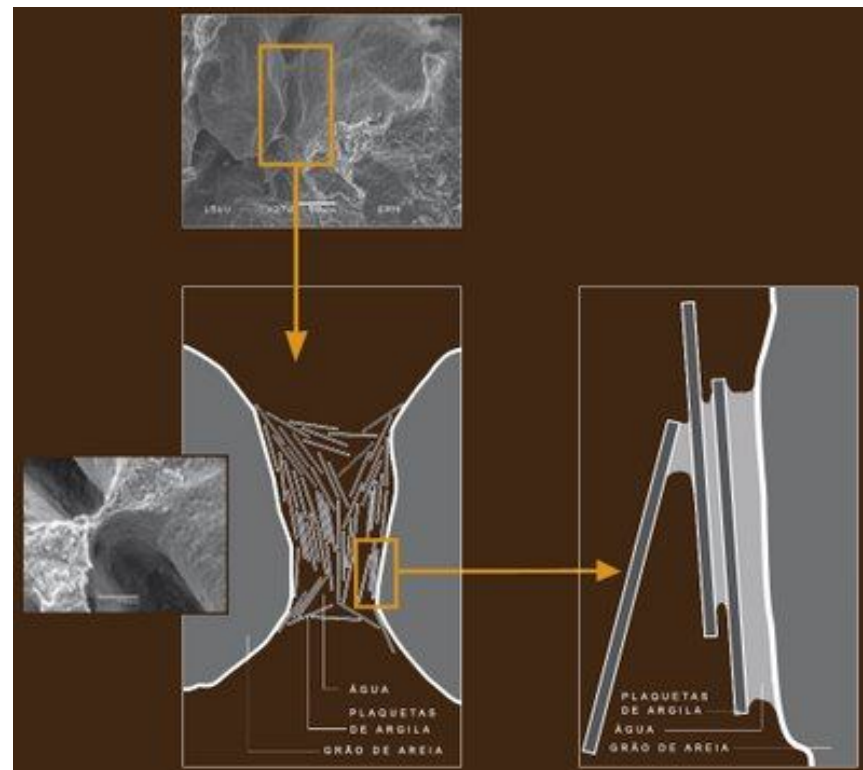
- argilas sedimentares

- originadas em níveis mais elevados e lavadas e transportadas por correntes de água até lagos, lagoas ou leitos de rio, onde sedimentam.
- apresentam partículas mais finas e contém uma quantidade muito menor de impurezas e resíduos da rocha de origem, pois na lavagem e no transporte ocorre uma classificação natural, chegando aos depósitos apenas as frações mais finas
- podem apresentar teores elevados de matéria orgânica, principalmente aquelas formadas em fundos de lagos e regiões pantanosas



Plasticidade – presença de fase líquida entre as partículas, que permite a deformação, ou seja, o deslocamento das partículas umas sobre as outras sendo que, o que mantém o sistema coeso são as forças de capilaridade .

- pequeno tamanho de partícula
- forma de placas dos argilominerais





Argilas

- se apresentam na forma de agregados de partículas mais finas - desagregação
- alta resistência mecânica a verde
- possibilidade de formar suspensões de alta estabilidade
- na queima, composições químicas propiciam o aparecimento de fase líquida numa faixa de temperatura bastante larga
- cor após queima depende da composição química, teor de ferro e atmosfera do forno, pode variar do branco ao marrom avermelhado, passando pelo amarelo, rosa, vermelho e pelas tonalidades do cinza (atmosfera redutora)

Desvantagens:

- alta retração de secagem quando conformada à úmido
- alta retração de queima devido a perda de água estrutural
 - Dificulta o controle dimensional das peças feitas de argila e facilita o aparecimento de defeitos (deformações e trincas) tanto na secagem quanto na queima



Principais tipos de argilas

1. Caulim “China Clay” - (Kao Ling – nome de uma colina na China perto de onde se explorava esse material)
 - Argila que queima na cor branca
 - Constituída essencialmente por caulinita (quando beneficiado)
 - Pode conter impurezas como sílica, feldspato, mica, montmorilonita, etc.
 - Para a indústria cerâmica –
 - cor branca após a queima a 1400°C, teor de alumina acima de 36%
 - teor de caulinita entre 75 e 85% e não ter minerais que afetem a cor de queima, como o Fe_2O_3 , cujo teor deve ser menor que 0,9%



Argilas plásticas (“Ball Clay”)

- cor marfim ou creme claro após queima
- conferem resistência mecânica e plasticidade às massas antes da queima
- Argilas muito plásticas, com granulometria muito fina
- composta por caulinta, podendo conter quartzo, montmorilonita e muitas vezes matérias-orgânicas
- são sempre argilas sedimentares
- usadas na indústria de sanitários, porcelanas



Argilas refratárias (fire clay)

Argilas refratárias tipo “flint”

- altamente aluminosa
- pouca plasticidade
- são duras

Argilas Plásticas refratárias

- Abundante no Brasil
- Tijolos refratários

Argilas altamente aluminosas

- teor de alumina após calcinação igual ou superior a 48%
- fabricação de tijolos refratários aluminosos



Argilas para cerâmica vermelha (taguá e outras argilas sedimentares que queimam na cor vermelha)

- contém grande quantidade de material fundente para fabricação de refratários e muito ferros para o emprego em cerâmica branca
- empregadas em cerâmicas onde a resistência mecânica é obtida em temperaturas de queima moderadas
- utilizadas na fabricação de tijolos de alvenaria, telhas de vários tipos, lajotas, manilhas, vasos, talha para água
- argilas sedimentares de deposição recente em várzeas e margens de rios



Bentonita

- produto de decomposição de rochas vulcânicas
- constituída basicamente por montmorilonita
- granulometria muito fina
- geralmente incham muito quando molhadas
- lama de perfuração, ligantes em moldes de fundição., etc.



Outros minerais utilizados como matérias-prima na indústria cerâmica

Sílica

- é um dos minerais mais puros que se encontram em abundância na crosta terrestre
- forma mais comum é o quartzo
 - Principais fontes: arenito e quartzito
 - Arenito é a rocha formada pela compactação de sedimentos arenosos e quartzito é a rocha de composição semelhante, que sofreu metaformismo, tendo sido os grãos originais ligados por material cristalino, resultando em rocha mais compacta que o arenito.
- As fases cristobalita e a tridimita são raras na natureza, no entanto podem ser obtidas pelo tratamento térmico do quartzo, em temperaturas elevadas e sob condições especiais.
- Areias naturais - produto da deposição dos resíduos de desagregação, apresentando partículas de dimensões de 2 a 0,06mm, sendo composto principalmente por grãos de quartzo. Raramente são puras o suficiente para o uso em cerâmica
- Como cristal não é usado em larga escala na indústria cerâmica devido ao elevado custo de moagem

Aplicações:

- em massas de cerâmica branca e de materiais de revestimento, sendo um dos componentes fundamentais para controle da dilatação e para ajuste da viscosidade da fase líquida formada durante a queima, além de facilitar a secagem e a liberação dos gases durante a queima,
- na fabricação de isolantes térmicos
- em composições de vidro e esmaltes (vidrados)
- na fabricação de materiais refratários.

Uso amplo em cerâmica devido:

- ponto de fusão relativamente alto
- alta dureza
- capacidade de formar vidro
- quimicamente estável
- baixo custo



Sílica, em combinação:

1. Com alumina – argilominerais
2. Formar fundentes – feldspatos
3. Formas silicatos simples – CaO.SiO_2

Efeito da sílica livre na argila:

- reduz a plasticidade
- reduz a retração de secagem e queima
- aumento da permeabilidade
- reduz a resistência mecânica, exceto quando apresentar pequenos tamanhos de partículas



Feldspato

- O termo feldspato cobre uma série de alumino-silicatos alcalinos ou alcalinos terrosos.
- Os feldspatos naturais são normalmente uma mistura em diversas proporções de alumino-silicatos de potássio, de sódio, de cálcio, e ocasionalmente de bário e de cério.
- Para a indústria cerâmica os feldspatos de maior importância são o potássico ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) e o sódico ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$), por terem temperatura de fusão relativamente baixa.
- São empregados como geradores de “massa vítrea” nas massas cerâmicas e nos vidrados. No entanto eles dificilmente são encontrados puros, em geral se apresentam em mistura, podendo também estar associados a outras impurezas (quartzo e mica).
- Feldspato de Na e Ca – indústria vidreira
- Feldspato de K – indústria cerâmica (maior viscosidade)



Aplicações: Fabricação de vidro, fritas, esmaltes(vidrados), placas cerâmicas, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa e louça sanitária.



Talco

- É um silicato de magnésio hidratado cuja fórmula é $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, correspondendo a 31,8% de MgO, 63,5% de SiO_2 e 4,7% de H_2O .



Aplicações:

- Como constituinte principal (60% a 90%) em massas para a fabricação de isoladores elétricos de alta frequência. Este tipo de corpo é conhecido como esteatita.

Talco – decompõe-se e forma MgSiO_3 numa matriz de SiO_2

- Na composição de massas cordieríticas, que tem como característica principal o baixo coeficiente de dilatação térmica.
- Como fundente, substituindo parcialmente o feldspato em massas para a fabricação de corpos semivítreos e vítreos.
- Na composição de esmaltes (vidrados) (coloca a matriz sob compressão após a queima)



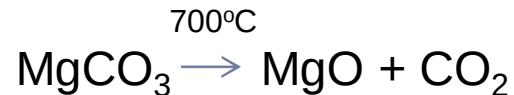
Magnesita

- É o carbonato de magnésio (MgCO_3), cuja composição química teórica é 47,7% de MgO e 52,3% de CO_2 .
- fonte de MgO (sinter) – MgO – $\text{PF}=2800^\circ\text{C}$

Aplicações: Na fabricação de materiais refratários, após ser submetida à calcinação em elevadas temperaturas ou à eletrofusão, quando se obtém o sinter ou grãos eletrofundidos de magnésia (MgO). A partir deles são obtidos inúmeros produtos como: magnesianos, magnesianos-cromíticos, cromíticos-magnesianos, magnésia-carbono, espinélio, entre outros e diversos tipos de massas.



Calcinação à morte – 1480°C a 1500°C – para reduzir a tendência do MgO a se combinar com água para formar Mg(OH)₂



Calcita

➤ É um carbonato de cálcio (CaCO₃), correspondendo a um teor teórico de 54,5% de CaO e 45,5% de CO₂.



➤ fonte de cálcia – PF = 2600°C

➤ grãos de CaO em contato com umidade, tende a formar Ca(OH)₂, com aumento de volume

➤ necessita ser finamente moída, pois as partículas pequenas reagem com a sílica ou alumina ou pode entrar na fase vítrea

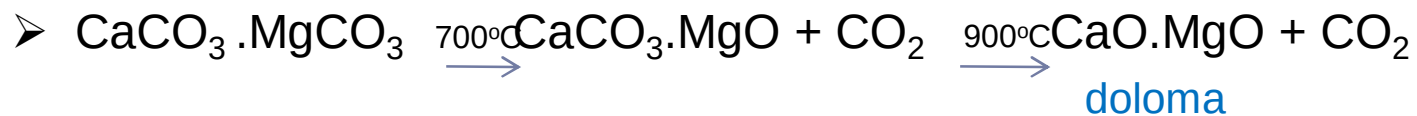


Aplicações

- em massas para produção de corpos vítreos e semivítreos;
- na composição de fritas e esmaltes (vidrados);
- na fabricação de cimento aluminoso.

Dolomita

➤ É o carbonato duplo de cálcio e magnésio, ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), correspondendo a um teor teórico de cerca de 54,5% de carbonato de cálcio e 45,5% de carbonato de magnésio.



➤ Tendência a hidratação, devido ao CaO – estabilização através da adição de silicatos como talco, que combina com a cal livre para formar silicatos de cálcio

Aplicações:

- na fabricação de materiais refratários, isolada ou em mistura com a magnésia;
- na composição de fritas e esmaltes (vidrados)



Cromita

➤ É um minério de cromo, de composição bastante complexa, constituída por uma série de minerais do grupo dos Espinélios, tais como: cromita ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), picrocromita ($\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), espinélio ($\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), magnesioferrita ($\text{MgO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), magnetita ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), etc, que pode conter impurezas de serpentina e do grupo das olivinas.

Aplicações:

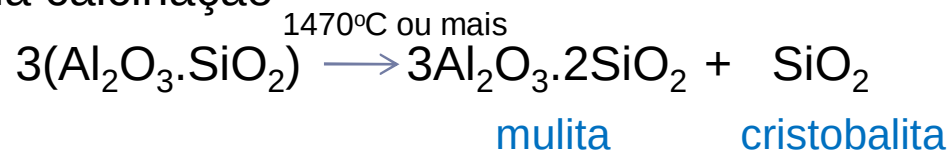
- empregada principalmente na fabricação de refratários magnesianos-cromíticos e cromíticos-magnesianos e em escala pequena, para a produção de refratário de cromita.
- fonte de óxido de cromo – usados como cortantes e pigmentos



Minerais aluminosos - Andalusita - Cianita - Silimanita

- Os três silicatos de alumínio têm a mesma fórmula química $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, correspondendo a um teor teórico em óxido de alumínio de 62,7% e em sílica de 37,3%.
- Os três minerais diferem pela estrutura cristalina e pelo comportamento térmico.

- Na calcinação



Aplicações:

- Fabricação de refratários aluminosos
- produção de alguns tipos de porcelana.



-Minerais de zircônio – zirconita – ZrSiO_4

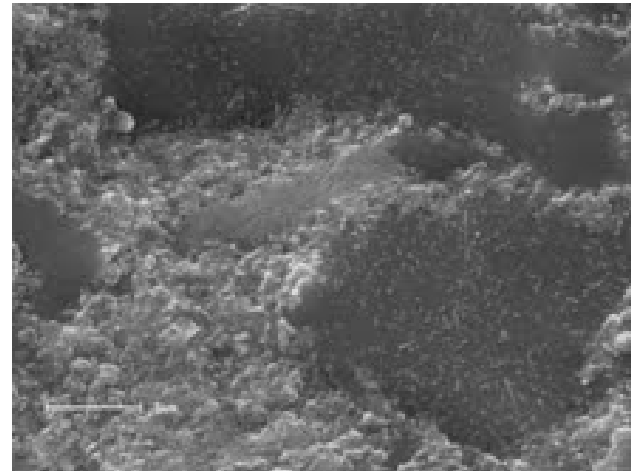
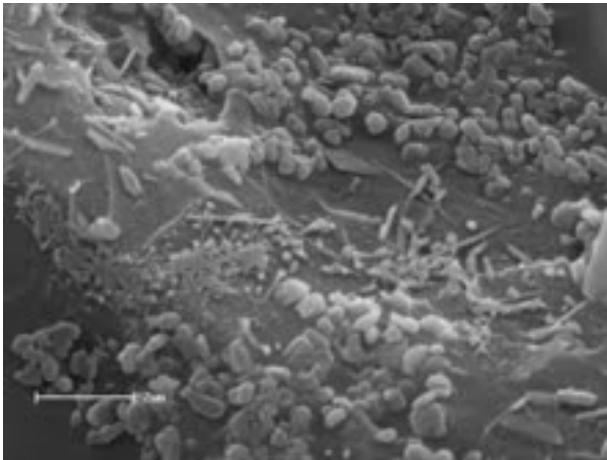
- Minerais de bário

- Minerais de chumbo



Porcelana triaxial

- Caulim – quartzo – feldspato
- Caulim – alumina – feldspato
- Feldspato – fundente
- sílica – diminui a retração da peça
- caulim (argila plástica) – dá resistência mecânica a verde, gera muita



Matérias-primas sintéticas

Obtidas a partir de reações químicas

- síntese via fase sólida
- síntese via fase líquida
- síntese via fase gasosa

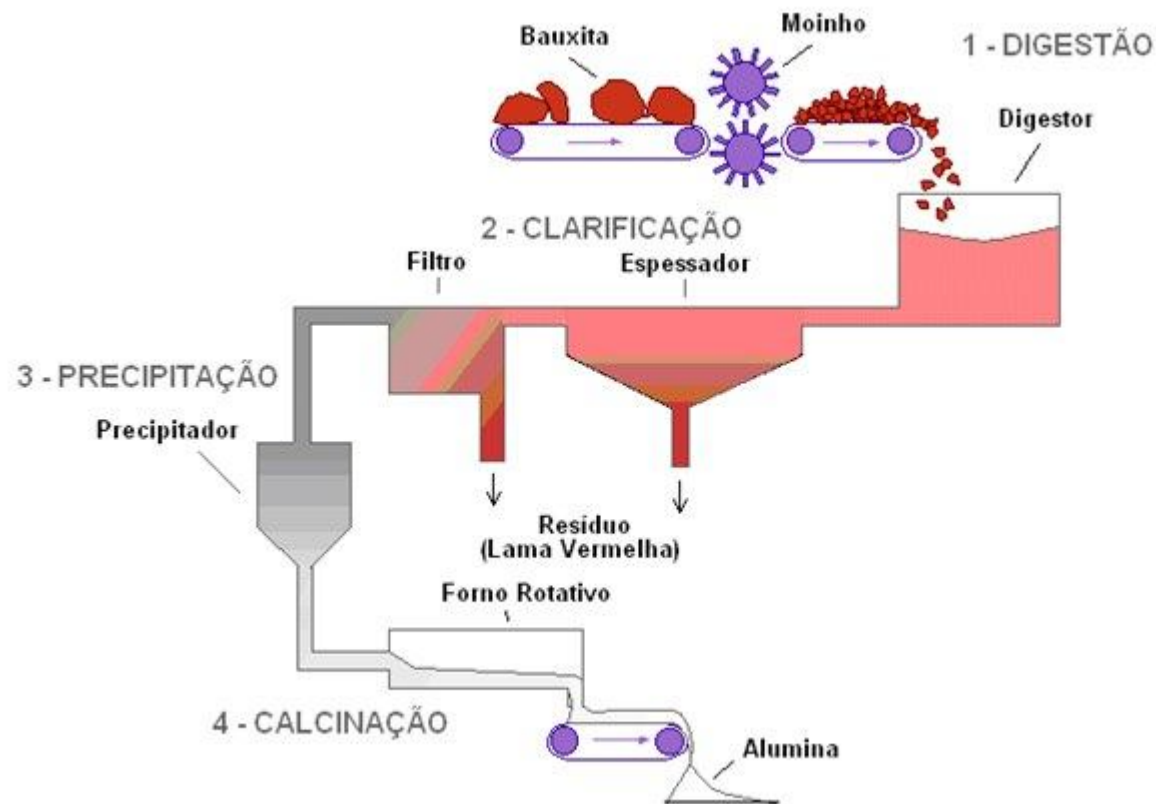


ALUMINA

- Obtida a partir do minério bauxita
- Na prática comercial existe uma grande variedade de tipos de alumina que recebem uma série de adjetivos, tais como calcinada, baixa soda, hidratada, gama, tabular, eletrofundida e outras.
- A base para a produção dessas aluminas é principalmente o processo Bayer, que consiste resumidamente:
 - no tratamento da bauxita com hidróxido de sódio em tanques pressurizados e aquecidos a 145°C (digestores), resultando uma solução de aluminato de sódio e uma lama vermelha insolúvel, onde se concentram as impurezas.
 - a lama vermelha é decantada e filtrada e a solução de aluminato de sódio é nucleada com cristais de gibbsita e resfriada, obtendo dessa forma a gibbsita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).
 - A gibbsita é calcinada em fornos rotativos à temperatura de aproximadamente 1000°C.

.





➤ Grande parte da alumina produzida pelo processo Bayer destina-se à produção de alumínio metálico. Esta alumina é constituída de óxido de alumínio alfa, algumas fases de transição e um pouco de gibbsita; sua aplicação em cerâmica é restrita

➤ Para produção de **alumina para cerâmica** há necessidade de se introduzir algumas modificações no processo Bayer e no tratamento térmico, (temperaturas que variam de 1250 °C a 1500°C), visando principalmente reduzir o teor de Na_2O e controlar o tamanho e forma dos cristais que tem influência sobre as propriedades finais do produto cerâmico. Dessa forma são obtidos inúmeros tipos de óxidos de alumínio, cada um com determinadas características e campo de aplicações.

➤ **Aplicações:** São empregadas para fabricação de refratários, fibras cerâmicas e de inúmeros produtos classificados como cerâmica técnica, tais como: isoladores elétricos de porcelanas, placas para revestimento de moinhos e silos, elementos moedores (esferas e cilindros), guia-fios para a indústria têxtil, camisas e pistões de bombas, bicos de pulverização agrícola, tubos de proteção de termopar, selos mecânicos, parte cerâmica da vela de ignição, substratos para microeletrônica e outras.

No caso de aplicações que exigem aluminas isentas de impurezas, granulometria extremamente fina, tamanho e forma de grãos rigorosamente controlados, utilizam-se outras aluminas, obtidas por processos químicos não convencionais. Exemplos de aplicações: tubos de alumina translúcida para lâmpada de vapor de sódio, peças para implantes, etc.



Alumina eletrofundida



Marrom – obtida a partir da bauxita (coque de petróleo, ilmenita e cavaco de ferro) através do processo de fusão em fornos elétricos especiais (forno a arco elétrico)

- Atinge $T \sim 2000^{\circ}\text{C}$ – forma um líquido e após o resfriamento forma blocos do produto (resfriamento dura mais de 1 semana)
- Bloco fundido obtido é quebrado em pedras que são reduzidas a tamanhos menores (são separados das impurezas e da liga ferro-silício manualmente)
- Pedacos de alumina eletrofundida são submetidas à :

- britagem
- secagem
- separação magnética

Aplicações: indústria de abrasivos (rebolos, disco de corte, jateamento, lapidação, lixas, polimento de metais e ligas metálicas) e de refratários



Alumina eletrofundida branca



- matéria-prima – alumina
- processo semelhante ao da obtenção da alumina eletrofundida marrom

Diferenças na composição química:

Alumina marrom	Alumina branca
97% Al_2O_3 e 2,5% TiO_2	99,5% Al_2O_3

Aplicação: abrasivos, refratários e massas de porcelana em substituição ao quartzo

http://www.abceram.org.br/asp/abc_54ca.htm



Alumina Tabular

Obtida pela calcinação da alumina em temperatura próxima a fusão do óxido de alumínio

Aplicações: indústria de refratários



Carbeto de silício - SiC

- Carburundum (carbono + corindon)
- Obtido pelo processo Acheson (1981)
- Matérias-primas:

Areia silicosa (SiO_2 maior que 97%) + coque de petróleo + 10% serragem + 2% NaCl

- Serragem – facilita a liberação de Co produzido durante a reação
- NaCl – para eliminar parte das impurezas sob forma de cloretos metálicos voláteis

A mistura é colocada num forno de formato retangular, e fica disposta ao redor de um eletrodo de grafita e em seguida, levada a uma temperatura superior a 2000 °C durante aproximadamente 36 horas, cuja reação principal efetua-se da seguinte maneira:

- 1) $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si vapor} + 2\text{CO}$
- 2) $\text{Si (vapor)} + \text{C} \rightarrow \text{SiC}$

Ao redor do eletrodo - carbeto de silício na forma de grandes cristais e sobre o qual se depositam, na zona mais fria do forno (abaixo de 2000 °C), camadas de estruturas diferentes, tais como: SiC amorfo e uma crosta constituída por materiais que não reagiram.

O carbeto de silício é constituído de 96 a 99% de SiC, o restante sendo silício, sílica livre, carbono livre, assim como, óxido de cálcio, de ferro e de alumínio. Existe duas variedades de carbeto de silício:

- o carbeto de silício formado a baixas temperaturas é o SiC-Beta, que cristaliza no sistema cúbico.
- o carbeto de silício formado a altas temperaturas é o SiC-alfa, que cristaliza nos sistemas hexagonal e rômboico.



A coloração do carbeto de silício varia do verde claro, mais ou menos transparente, ao preto com reflexos metálicos. Estas colorações dependem de inclusões de sílica, de carbono e principalmente de alumínio, assim, a coloração preta do SiC é devida a um teor mais elevado em carbono livre, finamente repartido; ou a um pequeno teor de alumínio ou de silício absorvido, enquanto que a cor verde é devida a teores de ferro.

Aplicações: devido a sua elevada dureza (9,0 a 9,5 na escala de Mohs) e boa condutibilidade, térmica e elétrica, o carbeto de silício é utilizado em grande escala para a fabricação de abrasivos, de elementos de aquecimento para fornos elétricos e de produtos para indústria de refratários.



http://www.abceram.org.br/asp/abc_54fa.htm

Mulita sintética

- silicato de alumínio ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), correspondendo a 71,8% de Al_2O_3 e 28,2% de SiO_2
- obtida por fusão ou por reação no estado sólido

- **Fusão**

- mulita escura – semelhante a alumina eletrofundida marrom
matérias-primas: bauxita e argila
 - mulita branca - semelhante a alumina eletrofundida branca
matérias-primas: alumina calcinada e quartzo

- **Por sinterização ou reação no estado sólido**

matérias-primas: argilas cauliníticas, cianita, andalusita e silimanita e alumina calcinada. Isto porque, estes silicatos de alumínio em temperaturas elevadas formam mulita com liberação de sílica, que irá reagir com a alumina calcinada formando mulita.



Aplicações:

- fornos de redução de ferro-ligas
- fornos de fusão de cobre
- fornos de vidro
- regeneradores de indústrias siderúrgicas
- cuba e rampa de altos fornos
- confeção de moldes para microfusão
- vagonetas de fornos cerâmicos
- mobílias de fornos cerâmicos
- tubos (rolos) para fornos a rolo.



Espinélio

O termo espinélio é utilizado para designar uma série de minerais de estrutura cúbica e de fórmula $RO.R_2O_3$.

Exemplos: cromita ($FeO.Cr_2O_3$), picrocromita ($MgO.Cr_2O_3$), espinélio ($MgO.Al_2O_3$), magnésioferrita ($MgO.Fe_2O_3$), magnetita ($FeO.Fe_2O_3$), etc.

O espinélio $MgO.Al_2O_3$ constitui-se uma excelente matéria-prima para a fabricação de materiais refratários.

Ele é obtido sinteticamente por sinterização ou por fusão.

Matérias-primas: São utilizadas como fonte de óxido de alumínio a alumina calcinada e bauxito e como fonte de óxido de magnésio a magnesita natural e as magnésias cáusticas ou queimadas a morte.

- **No processo de sinterização** - a mistura das matérias-primas, na forma de tortas ou briquetes, é calcinada em temperaturas superiores a 1700 °C. Em seguida é moída e classificada granulometricamente.

- **No processo de fusão** - a mistura é fundida em fornos elétricos a arco em temperaturas superiores a 2400°C. A massa fundida é resfriada, moída e classificada granulometricamente.

