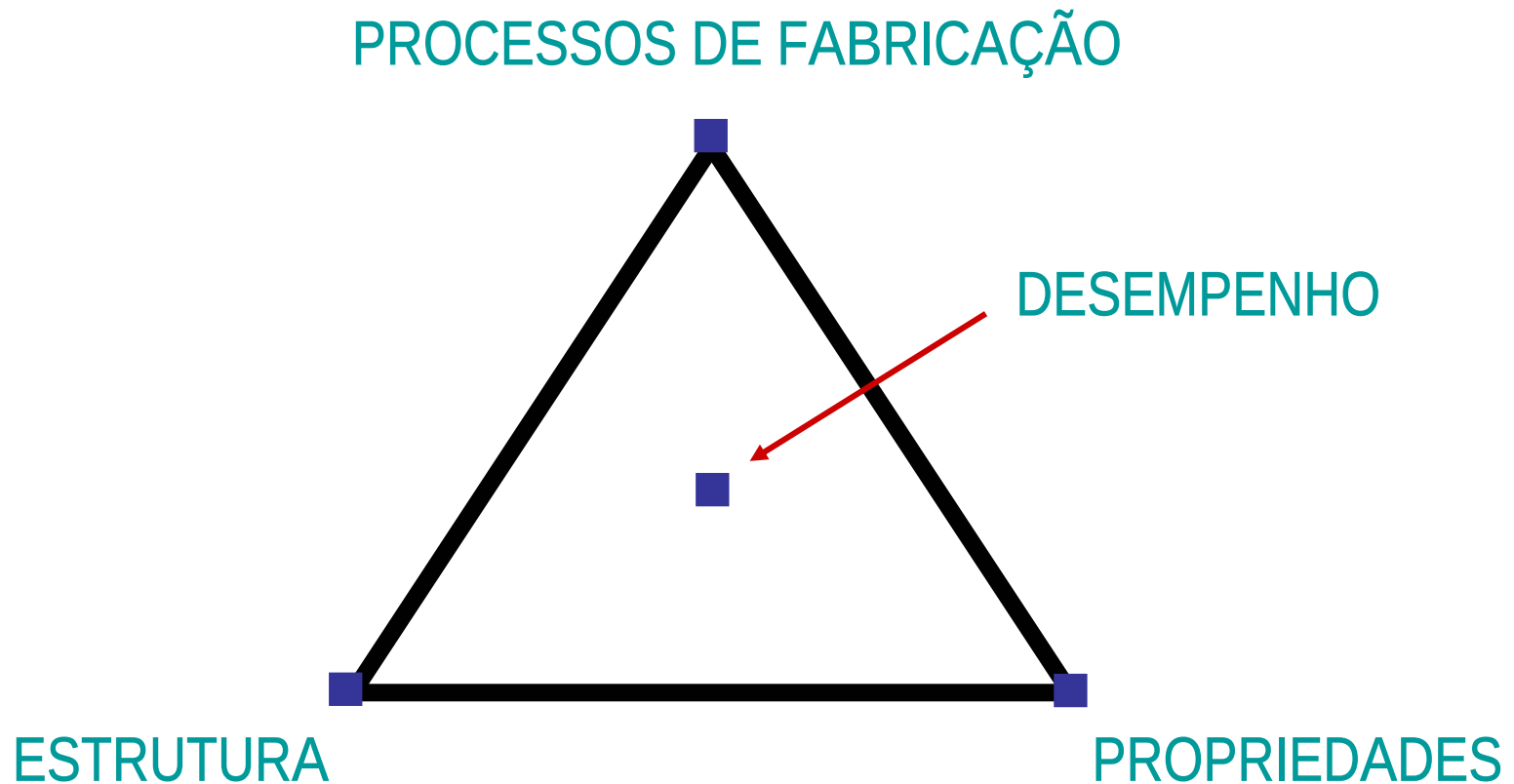


1. INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS CERÂMICOS



CERÂMICO – grego *KERAMICOS* – significa **matéria-prima queimada**



Indica que as propriedades desejáveis são normalmente alcançadas através de um tratamento térmico em temperatura elevada denominado queima

➤ Até anos 50 ➡ Materiais mais importantes dessa classe ➡ **Cerâmicos tradicionais**

Matéria-prima mais conhecida: ARGILA

Produtos tradicionais: pisos, tijolos, porcelana, vidros

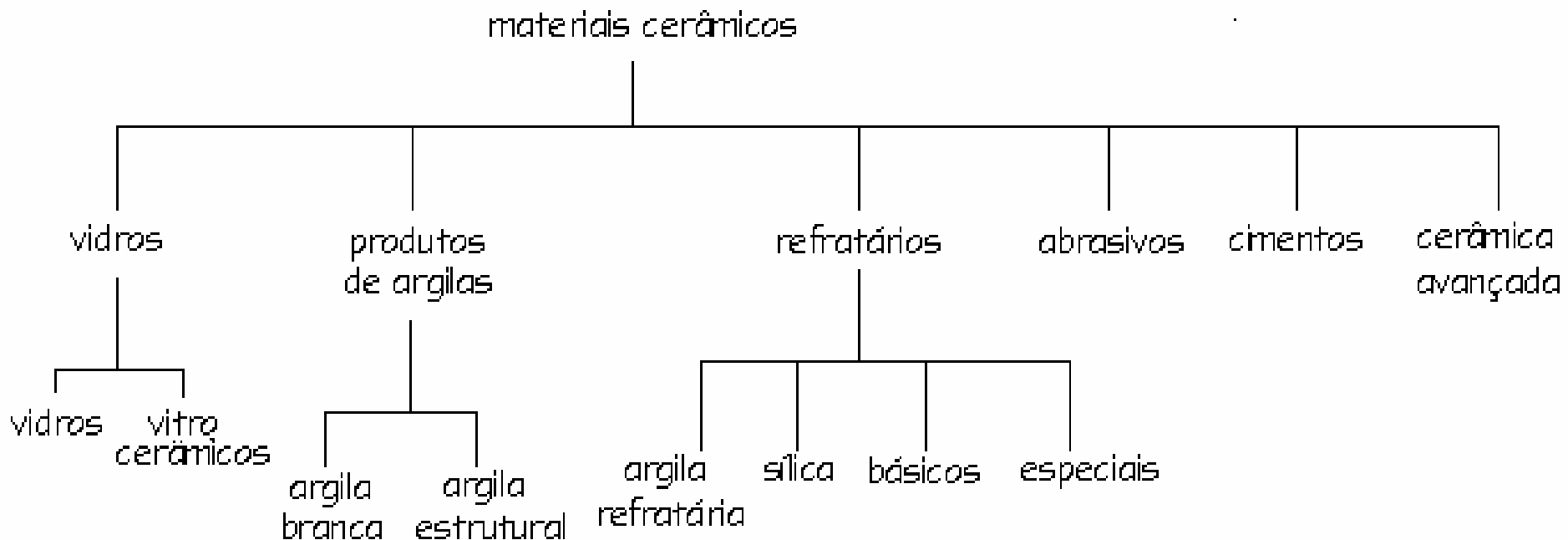
➤ Evolução dos cerâmicos ➡ Conhecimento dos fenômenos e compreensão das características fundamentais destes materiais ➡ **Cerâmicos avançados**

Os produtos cerâmicos da nova geração podem ser encontrados na eletrônica, em computadores, em equipamentos de comunicação, na indústria aeroespacial

Definição de materiais cerâmicos → por exclusão

→ são materiais não-metálicos e inorgânicos.

Em geral, os cerâmicos podem ser subdivididos de acordo com o fluxograma abaixo:



Ligações químicas típicas:

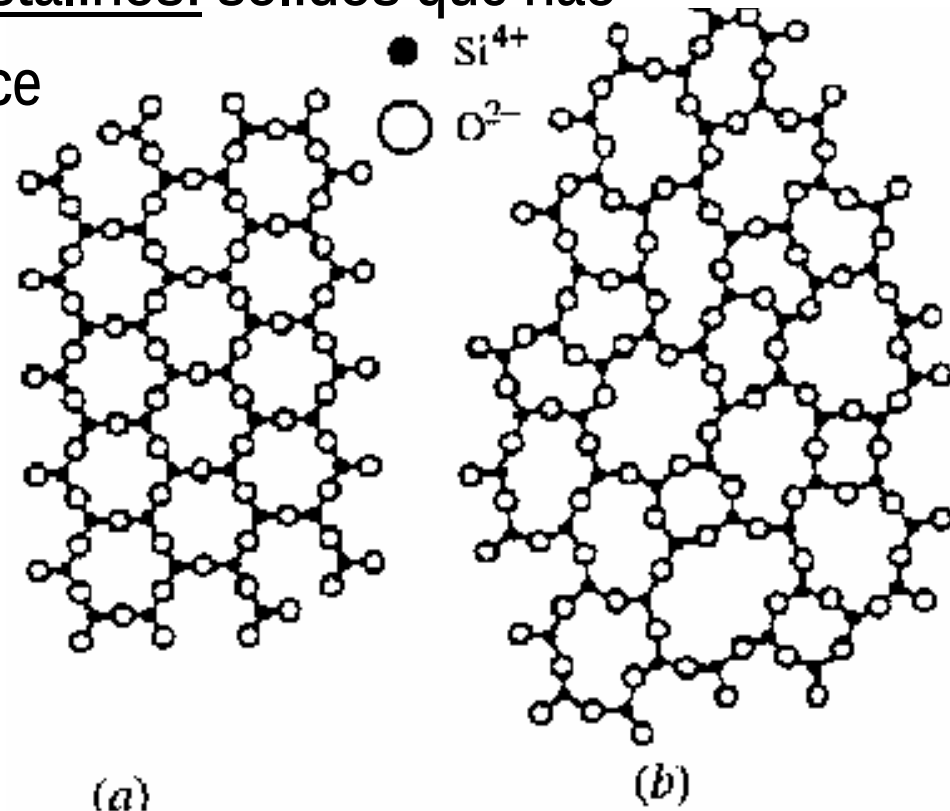
- ✓ Seus componentes são unidos por ligações covalentes e/ou iônicas
- ✓ Não contêm elétrons livres em grande quantidade
- ✓ As ligações iônicas conferem aos cerâmicos:
 - estabilidade relativamente alta
 - temperatura de fusão, em média, superior a dos metais e polímeros
 - maior dureza
 - maior resistência a ataques químicos

De acordo com a estrutura, podem ser:

- ✓ Materiais cristalinos: sólidos que apresentam ordem de longo alcance (periodicidade maior que comprimento de ligações)

Monocristalinos ou **Policristalinos** (contornos de grãos)

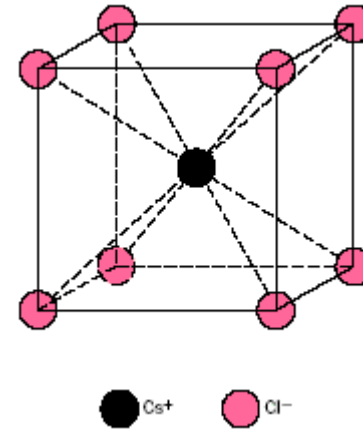
- ✓ Materiais amorfos, vítreos, não-cristalinos: sólidos que não apresentam ordem de longo alcance



Estruturas cristalina simples:

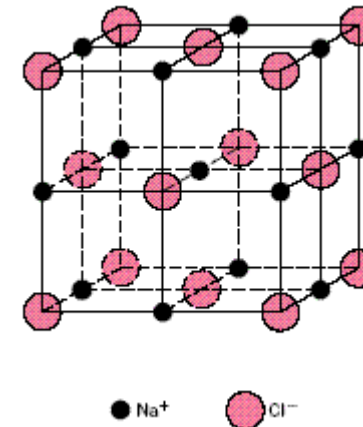
✓ Cloreto de cézio:

Cada átomo A tem oito vizinhos X



✓ Cloreto de sódio

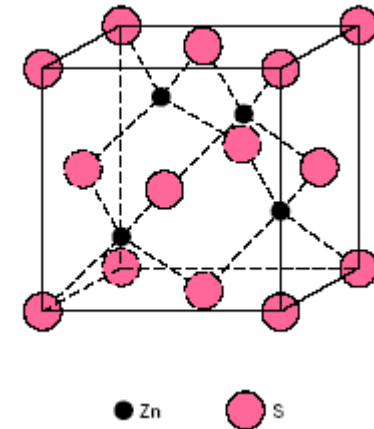
Cada átomo A tem seis vizinhos intersticiais



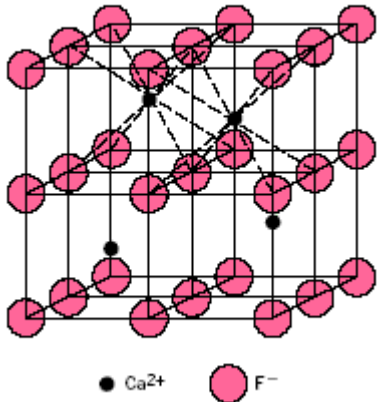
Estruturas cristalinas simples:

✓ Blenda (ZnS)

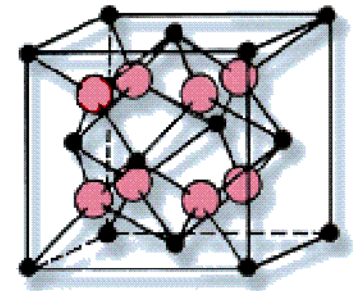
Os cátions ocupam 4 dos 8 interstícios tetraédricos possíveis.



✓ Fluorita (CaF₂)

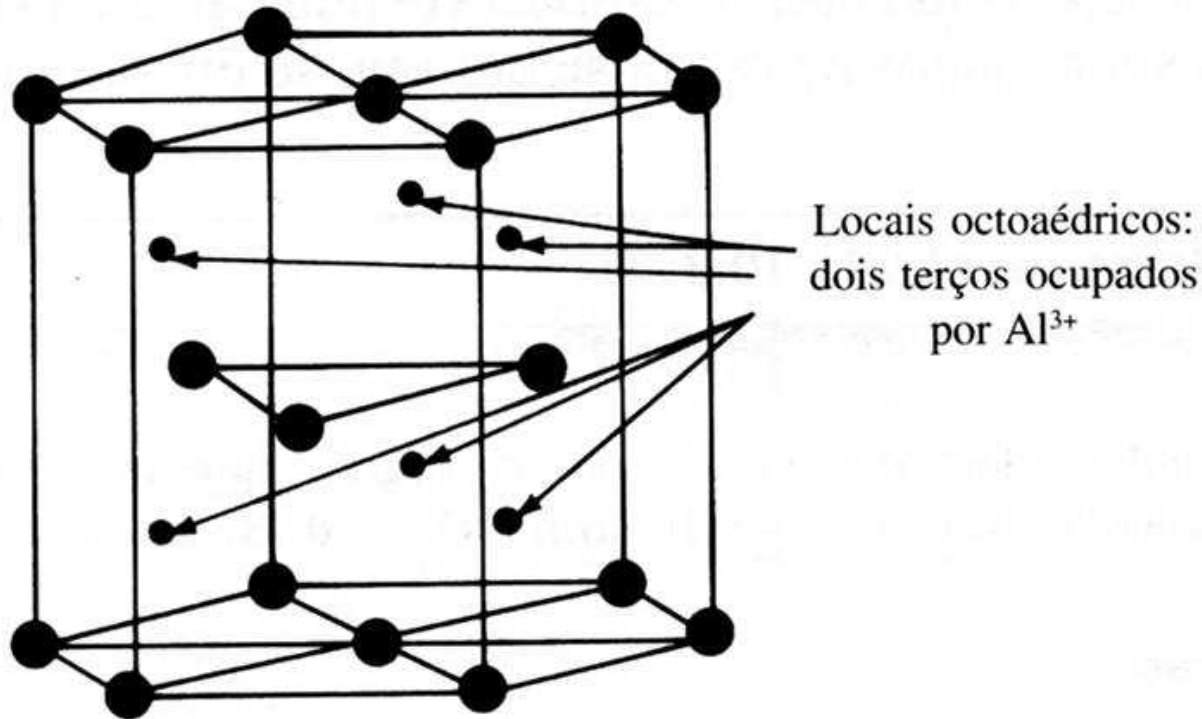


- Relação de 1 cátion para 2 ânions
- Estrutura cúbica de face centrada
- 8 interstícios tetraédricos ocupados



Estruturas cristalina simples:

✓ Corindon (Al_2O_3)

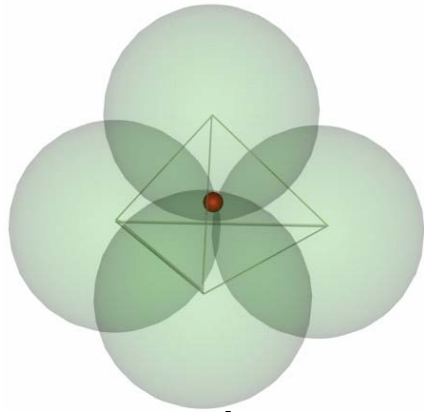


Mantém neutralidade elétrica devido a valência

Estrutura dos silicatos: muitos cerâmicos apresentam este tipo de estrutura

✓ Íons de silício e oxigênio ligados entre si de várias maneiras

Unidade estrutural básica $\longrightarrow$ tetraedro de silício SiO_4^{-4}



✓ Cada oxigênio no tetraedro possui $1e^-$ disponível para ligação

✓ São produzidos diferentes tipos de estruturas de silicatos

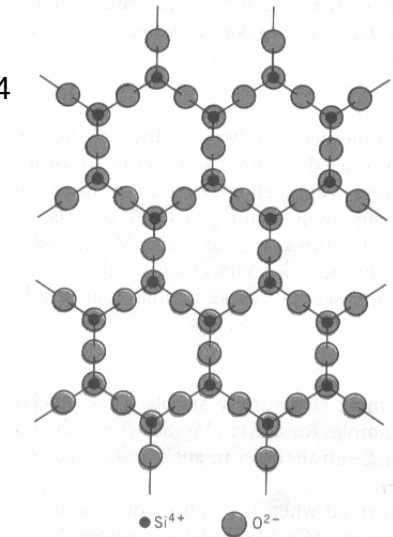
Em 'ilha' – íons positivos se ligam aos oxigênios do tetraedro SiO_4^{-4}

Ex., Fe^{+2} , Mg^{+2} – formam a Olivina $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{SiO}_4$

Em 'cadeia' ou 'anel' – dois vértices de cada tetraedro se ligam com os vértices de outro tetraedro (SiO_3^{-2})

Ex.: enstatita MgSiO_3

Em camada – três vértices, no mesmo plano, de um tetraedro se ligam aos vértices de outros três tetraedros ($\text{Si}_2\text{O}_5^{2-}$)



Camada de silicato $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{4-}$

Comparação entre cerâmicos, metais e polímeros:

Material	Estrutura		Propriedades		
	Ligação	Cristalinidade	Estabilidade	Condutibilidade	Mecânica
Cerâmico	Iônica, covalente	Amorfa, cristalina	Alta	Média	Média
Metálico	Metálica	Cristalina	Média	Alta	Alta
Polimérico	Covalente, van der Waals	Amorfa, semicristalina	Baixa	Baixa	Baixa

Comparação de algumas propriedades:

DEFORMAÇÃO:

Material	Deformação (%)
Cerâmica	-
Polímero	1 a 1400
Metal	1 a 60

ESTABILIDADE TÉRMICA E QUÍMICA:

Material	Característica
Cerâmica	Resistente a corrosão, oxidação, altas temperaturas
Polímero	Degrada com solventes, altas temperaturas
Metal	Suscetível a corrosão, oxidação

APLICAÇÕES

CERÂMICA TRADICIONAL

controle menos rígido das matérias-primas e parâmetros processuais

cerâmica branca: louças, isolantes, azulejos e pisos

cerâmica vermelha: tubos, tijolos, telhas, lajotas

refratários: tijolos, moldes, cimentos, cadinhos

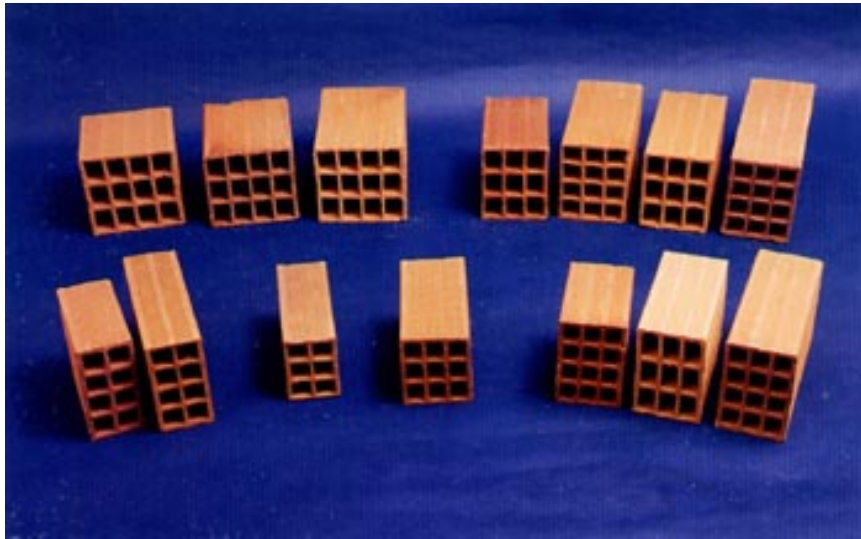
construção: concreto, gesso, vidros

abrasivos: rebolos, lixas

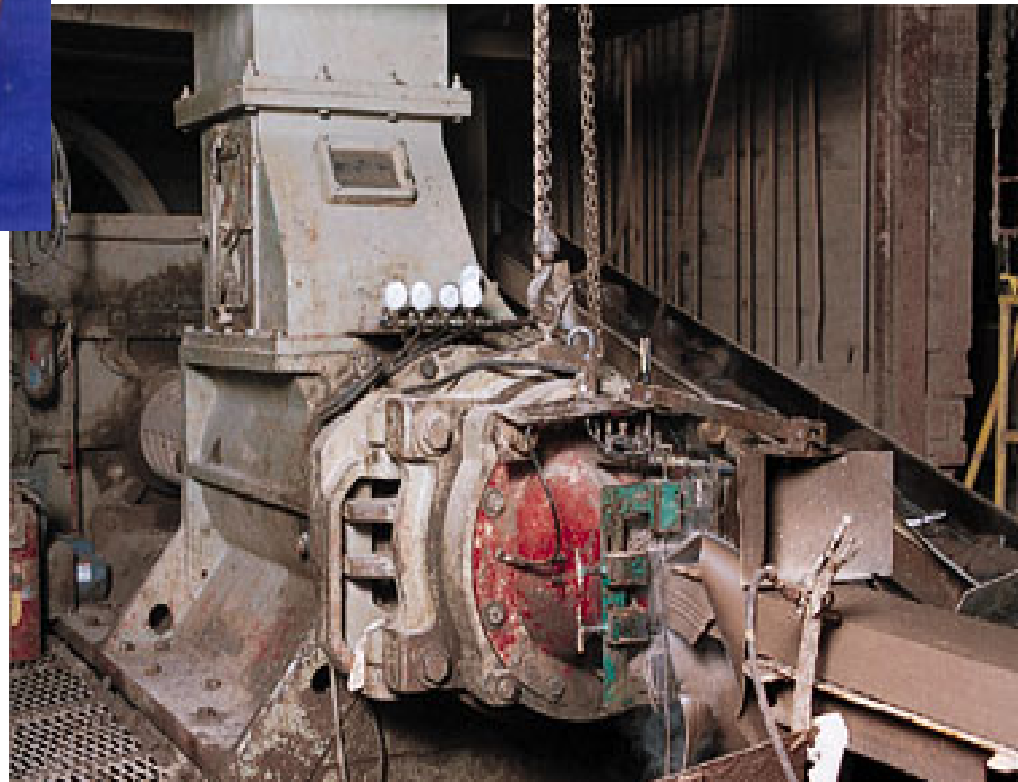
vidros: garrafas, louças, vidros planos

APLICAÇÕES

CERÂMICA TRADICIONAL

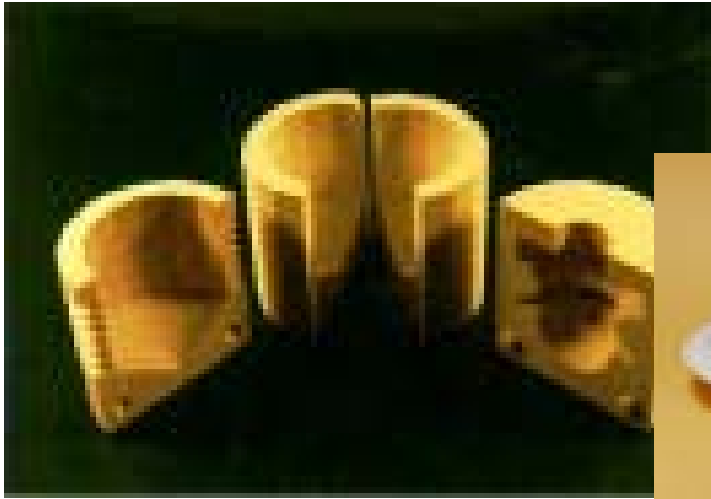


Extrusora (maromba) para a fabricação de artefatos de cerâmica vermelha



APLICAÇÕES

CERÂMICA TRADICIONAL



Molde para colagem



Louça de mesa



Louça sanitária



APLICAÇÕES

CERÂMICA TRADICIONAL



Placas cerâmicas

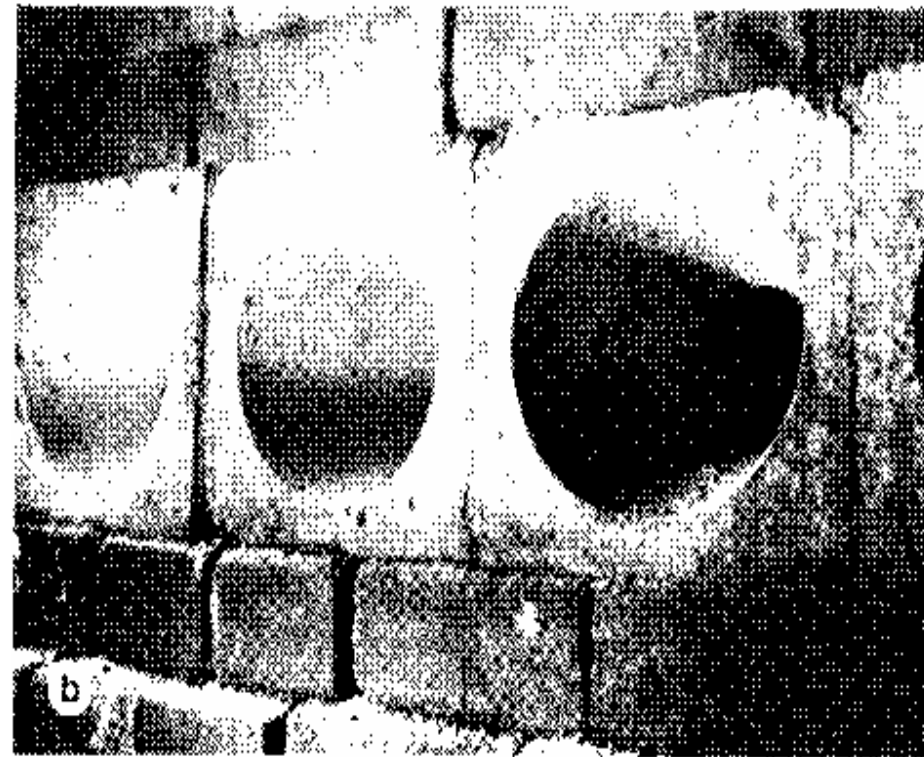
Prensa hidráulica



APLICAÇÕES

CERÂMICA TRADICIONAL

Refratários convencionais



Tijolo refratário com 90% de Alumina

APLICAÇÕES

INDÚSTRIA DO VIDRO



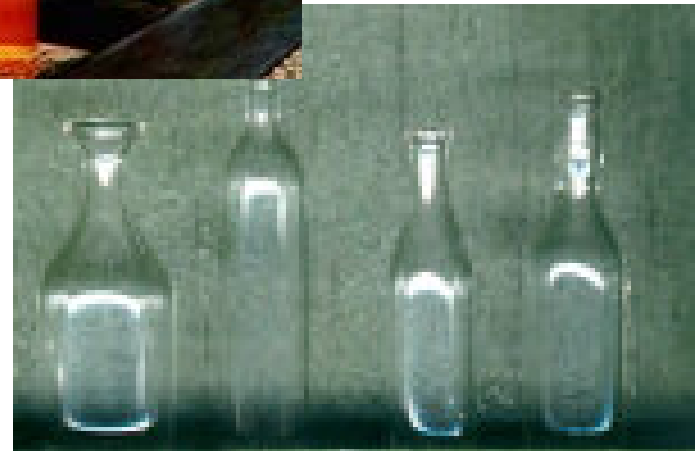
Massa vítrea



Vidro plano



Produção de garrafas



APLICAÇÕES

CERÂMICA AVANÇADA

Rígido controle das matérias-primas e parâmetros processuais

cerâmica eletrônica: elemento de aquecimento, isolantes, substratos, semicondutores

cerâmica aeroespacial: partes de turbinas, isolamento térmico, trocadores de calor

biocerâmica: próteses, implantes

refratários avançados: revestimentos e concretos de alto desempenho

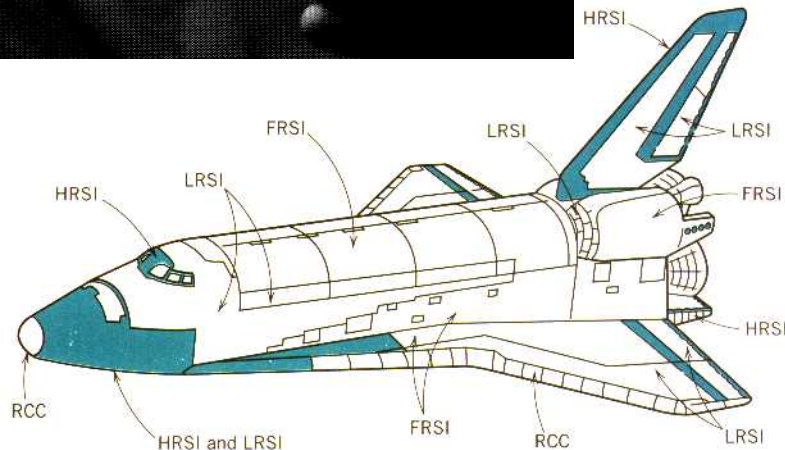
nuclear: combustíveis

diversos: ferramentas de corte, componentes resistentes à abrasão, blindagem, vitrocerâmicos, monocristais, fibras ópticas

APLICAÇÕES

CERÂMICA AVANÇADA: EXEMPLOS

isolamento térmico



biocerâmica



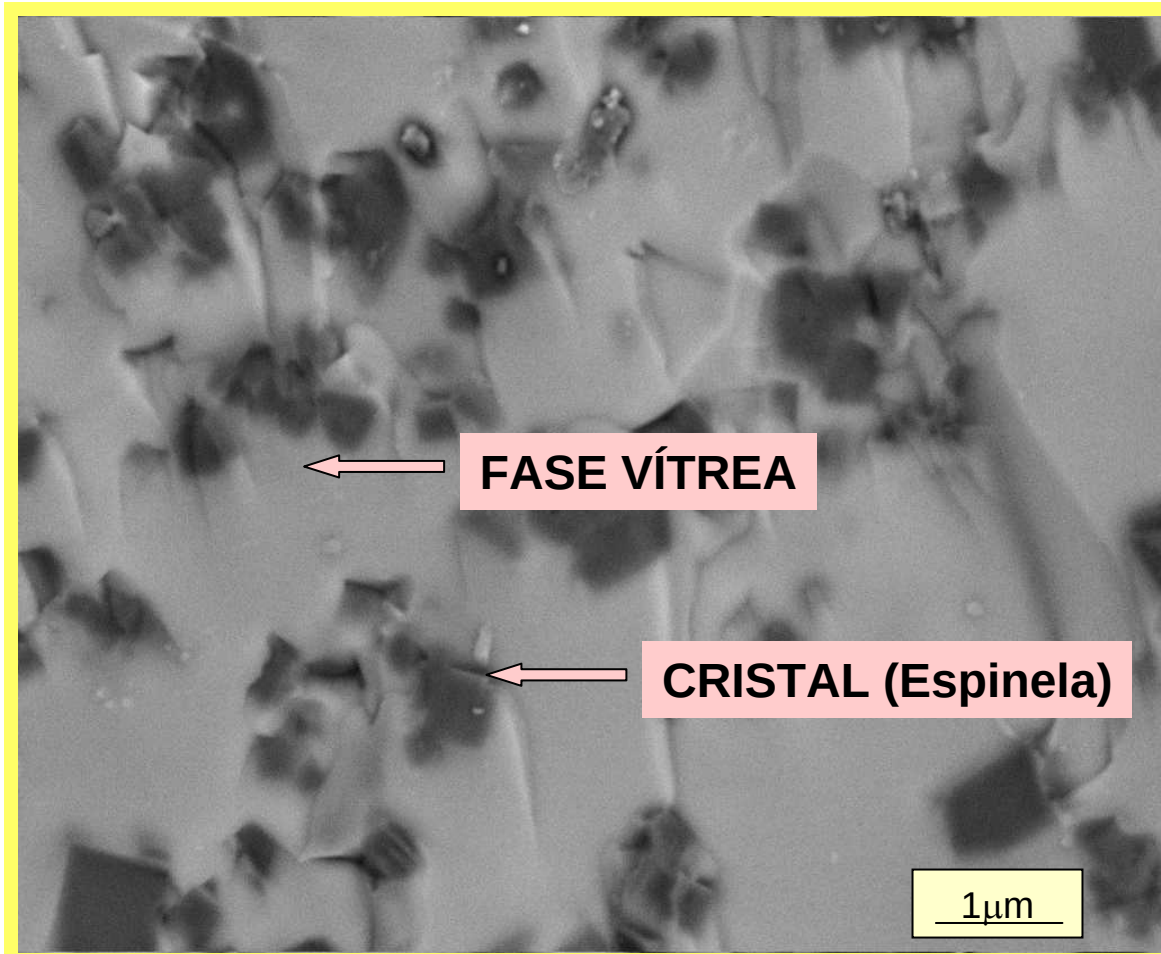
moldado por injeção



APLICAÇÕES

TENDÊNCIA: CERÂMICA TRADICIONAL $\Rightarrow$ CERÂMICA AVANÇADA

EXEMPLO: VITROCERÂMICOS



- Fundamental ação de fundentes: B, P
- Necessária a presença de elementos que potencializem a cristalização: Li, Mg, Ca, Ba, Zn
- Obrigatória presença de elementos difíceis de cristalizar: Na, K
- Eventualmente nucleantes: TiO_2 e ZrO_2
- Outros necessários: Al e Si
- Ocasionalmente para propriedades especiais: Fe, Cu, Co, Ni

APLICAÇÕES

FUNÇÕES TÉRMICAS

Funções	Classes	Aplicações	Exemplos
Térmicas	condutividade	trocadores de calor para pacotes eletrônicos	AlN
	isolamento	revestimentos isolantes para fornos de alta temperatura	fibras de SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , ZrO ₂
	refratariedade	revestimentos isolantes para fornos de alta temperatura (metais fundidos, escórias)	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , ZrO ₂

APLICAÇÕES

FUNÇÕES ELÉTRICAS

Funções	Classes	Aplicações	Exemplos
Elétricas	condutividade	elementos de aquecimento para fornos	SiC, ZrO ₂ , MoSi ₂
	ferroelettricidade	capacitores	BaTiO ₃ , SrTiO ₃
	isolamento	substratos de circuitos eletrônicos	Al ₂ O ₃ , AlN

APLICAÇÕES

FUNÇÕES ÓTICAS

Funções	Classes	Aplicações	Exemplos
Óticas	translucência	materiais para lâmpadas de Na	Al_2O_3 , MgO
	transparência	cabos de fibra ótica	SiO_2
	transparência ao infravermelho	janelas para laser infravermelho	CaF_2 , SrF_2 , NaCl

APLICAÇÕES

FUNÇÕES BIOLÓGICAS

Funções	Classes	Aplicações	Exemplos
	biocompatibilidade	cimentos	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Biológicas	biocompatibilidade	próteses estruturais	Al_2O_3

APLICAÇÕES

FUNÇÕES MECÂNICAS

Funções	Classes	Aplicações	Exemplos
Mecânicas	dureza	ferramentas de corte	Al_2O_3 , Si_3N_4 , ZrO_2 , TiC
	refratariedade estrutural	estatores e lâminas de turbina	Al_2O_3 , Si_3N_4 , MgO , SiC
	resistência a desgaste, abrasão	mancais	Al_2O_3 , Si_3N_4 , ZrO_2 , SiC

Processamento Cerâmico

Qual produto final você deseja obter?

- Telha
- Tijolo
- Substrato eletrônico
- Refratário

Qual matéria-prima deve ser utilizada?

- Argila
- Alumina
- Zircônia
- Magnésia

Qual processo de conformação mais indicado?

- Prensagem
- Extrusão
- Tape casting
- Sol-gel
- Aspersão Térmica

Caracterizar a matéria-prima segundo quais propriedades?

- Físicas (porosidade, microestrutura, térmica, ótica, magnética)
- Mecânica (RM, RC, fluência, fadiga)
- Química (resistência à corrosão)

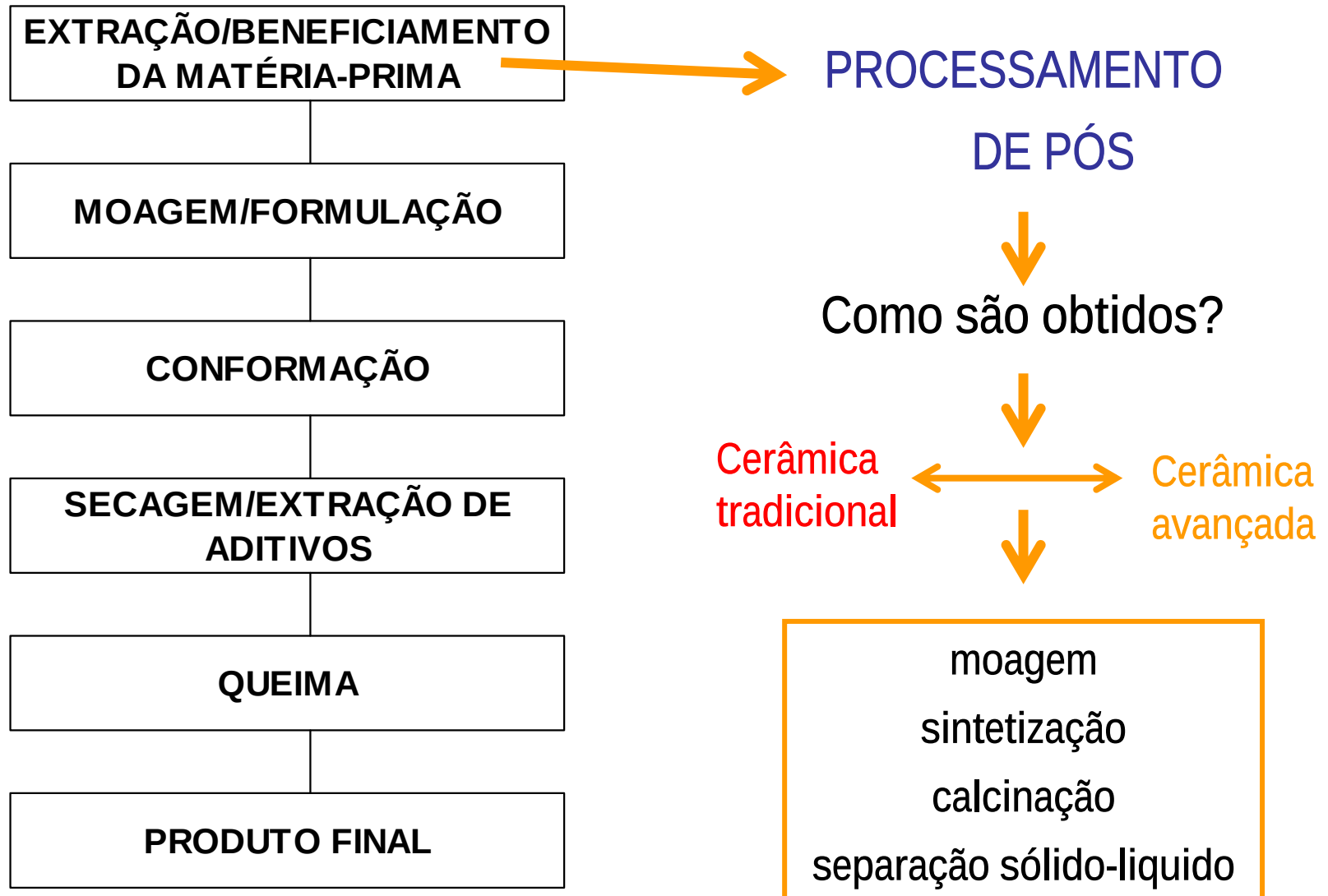
Qual processo térmico mais indicado?

- Secagem
- Queima

Processamento Cerâmico

Tipos	Seqüência de processamento
Cerâmica	pó → forma → calor
Vidro	pó → calor → forma

Fluxograma básico para fabricação de um produto cerâmico convencional



Processamento de Pós

Matérias-Primas

Podem variar quanto a:

composição química e mineral
pureza
estrutura cristalina
tamanho de partícula
preço

Escolha da matéria-prima:
custo do material , fatores de
mercado, considerações
técnicas de processo,
requisitos de desempenho

Classificação:

Cerâmica
tradicional

Naturais – provenientes de depósitos na natureza, podem ser processadas ou não. Ex.: argilas, feldspato, sílica, talco, asbestos, wollastonita, etc

Sintéticas – obtidas através de processos químicos e refinadas para aumentar pureza e características físicas. Podem ser obtidas a partir de:

Cerâmica
avançada

- Matérias-primas naturais (magnesita, calcita...)
- Outras matérias-primas sintéticas (alumina, zircônia...)
- Exemplos: SiC, ZrO₂, MgO, Al₂O₃, BeO, MgAl₂O₃

Matérias-Primas

Classificação quanto à pureza:

	Categoria	Pureza (%)	Materiais
Cerâmica tradicional	Materiais não-processados	Variável	Argilas, bauxita
	Minerais industrializados	85-98	Caulim, talco, feldspato, quartzo
Cerâmica avançada	Produtos químicos industrializados	98-99,9	Al_2O_3 , MgO , AlN , SiC , Si_3N_4 , TiO_2 , ZrO_2
	Produtos especiais	>99,9	BaTiO_3 , sílica-gel

Matérias-Primas Naturais

Utilizadas em larga escala para produção industrial de:

materiais de construção

refratários

louça de mesa

algumas cerâmicas elétricas

aditivos em composições de vidros e vidrados

como matérias-primas para a produção de reagentes químicos

ARGILAS

- ✓ Sedimento com tamanho de partícula inferior a $2\mu\text{m}$
- ✓ Constituída por argilominerais, podendo conter impurezas e matéria orgânica
- ✓ Desenvolve plasticidade com adição conveniente de água
- ✓ Perde a água adicionada após secagem
- ✓ Adquire resistência elevada após 1000°C

ARGILOMINERAIS: **aluminossilicatos hidratados que podem ser dispersos em partículas finas e desenvolvem plasticidade quando misturados com água**

– **Exemplos: caulinita, halloysita, pirofilita, mica, montmorillonita, illita**

Matérias-Primas Naturais ARGILAS

Divisão das matérias-primas argilosas empregadas na indústria

- caulim
- argila de cor branca
- argila de cor vermelha, após queima

CAULIM (ou *china clay*): Composição química aproximada: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
queimam com cor branca ou creme
elevada quantidade de partículas finas
inércia a agentes químicos

ARGILA DE QUEIMA BRANCA:

BALL CLAYS: cor escura até o preto, devido à matéria orgânica, mas que são brancas após a queima; são bastante plásticas

FIRE CLAYS: argilas refratárias

FLINT CLAYS: duras e pouco plásticas

ARGILA DE QUEIMA VERMELHA:

ARGILAS REFRAATÓRIAS: propriedades bastante variáveis, mas com uma característica única de formação de fases refratárias durante a queima

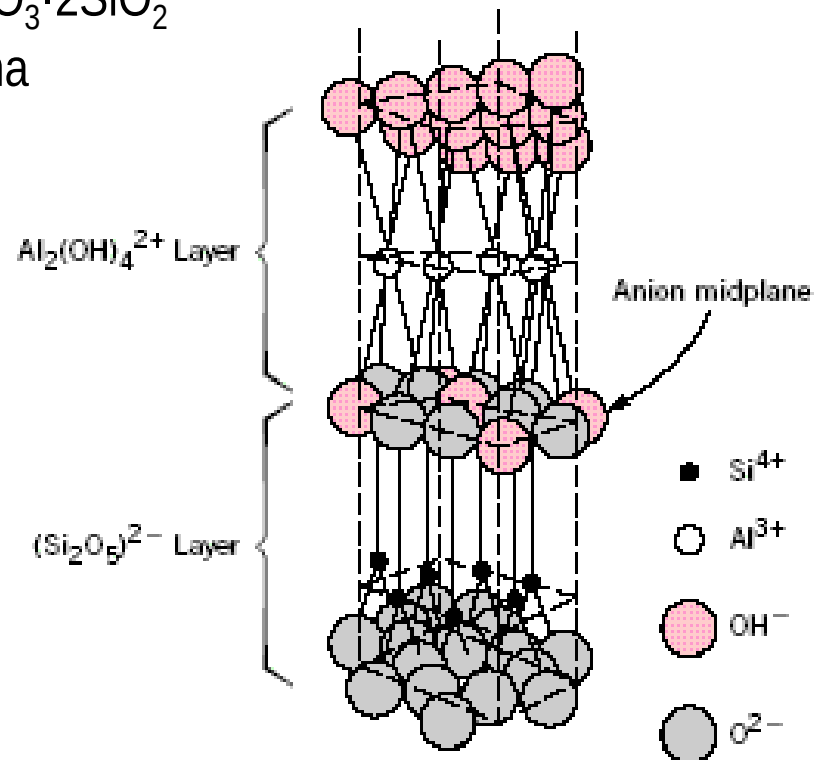
ARGILAS FUNDENTES: também apresentam características distintas, mas a característica única é a fundência; são classificadas conforme o teor de carbonatos

Matérias-Primas Naturais

ARGILAS

CAULINITA

- ✓ Tipo: Silicato de alumínio hidratado de estrutura lamelar de perfil hexagonal
- ✓ Composição: $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$
- ✓ Reações:
 - >500°C se decompõe em metacaulinita, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
 - >900°C forma mulita, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, e alumina
 - >1150°C forma cristobalita
- ✓ Propriedades e aplicação:
 - Plasticidade na etapa de conformação



Matérias-Primas Naturais ARGILAS

TALCO Tipo: Silicato de magnésio hidratado de estrutura lamelar, similar a argilomineral

Composição: $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)_2(\text{OH})_2$

Reações:

1000°C se decompõe em protoenstatita, MgSiO_3 , e enstatita, $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

1547°C se funde

Propriedades e aplicação:

Formação de fases de baixo coef. expansão térmica, usado na formulação de azulejos e esmaltes

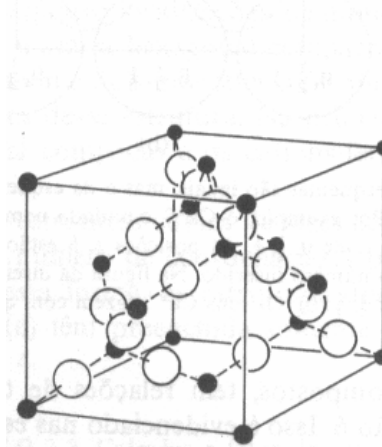
FELDSPATO

- Tipo: Silicatos de alumínio anidros
- Composição:
 - $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (ortoclásio) $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (albita), $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (anortita)
- Reações:
 - 800-1000°C apresenta uma composição próxima do eutético (ortoclásio, feldspato potássico)
- Propriedades e aplicação:
 - Fundentes, insolúveis em água, formadores de fase vítrea em corpos cerâmicos e esmaltes

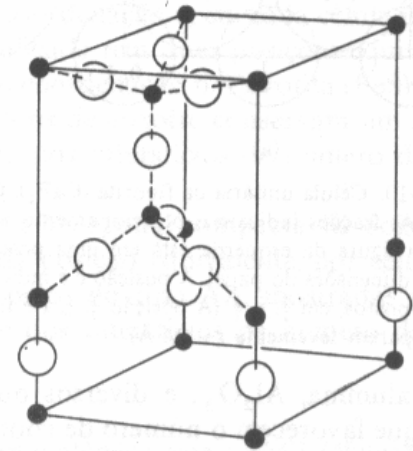
Matérias-Primas Naturais

ARGILAS

Mineral	Observação
Quartzo	Forma mais comum
Cristobalita	Menos comum, mais impura que quartzo
Tridimita	Rara na natureza
Sílica vítrea	Rara na natureza, importante produto manufaturado

SÍLICA - FORMAS POLIMÓRFICAS

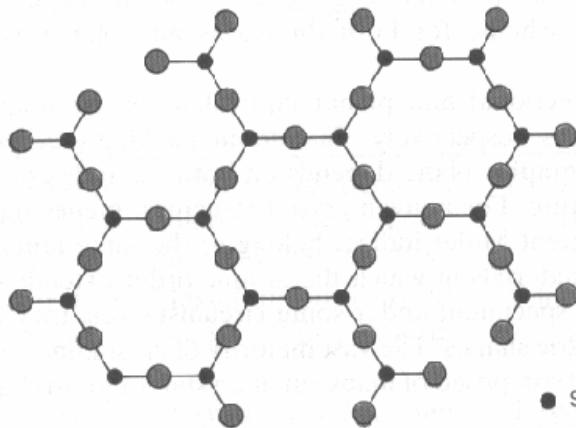
(a) Cristobalita



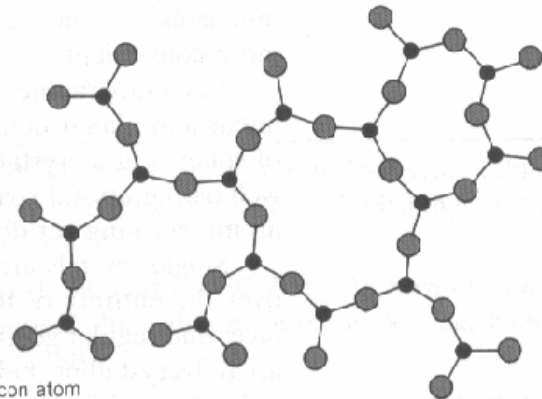
(b) Tridimita

Sílica cristalina

Sílica amorfa



(a)



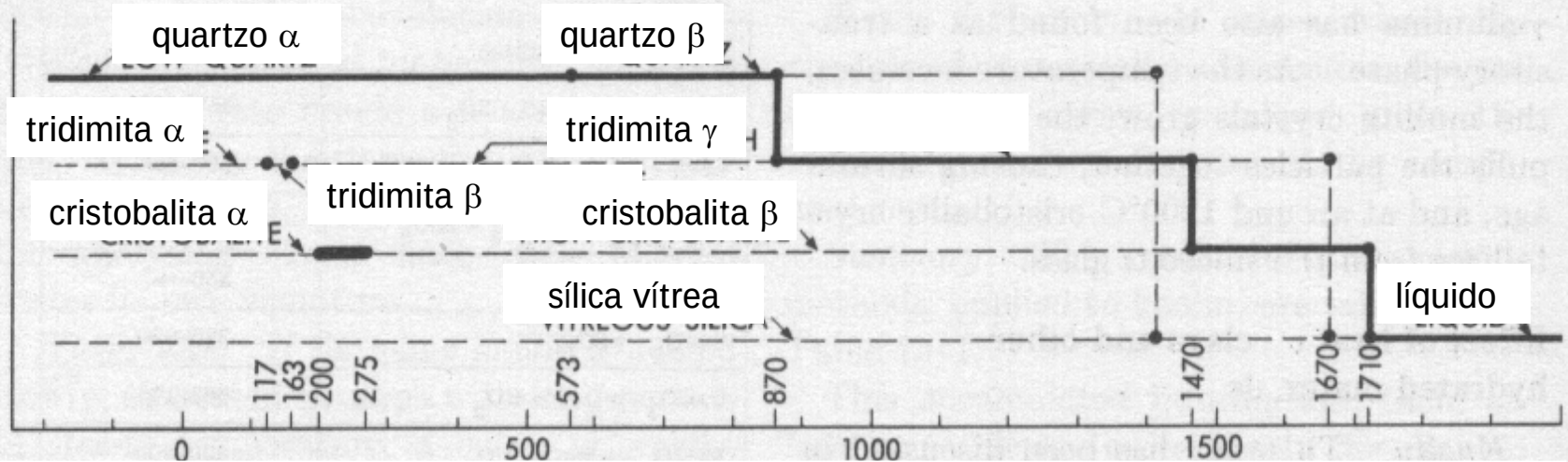
(b)

● Silicon atom

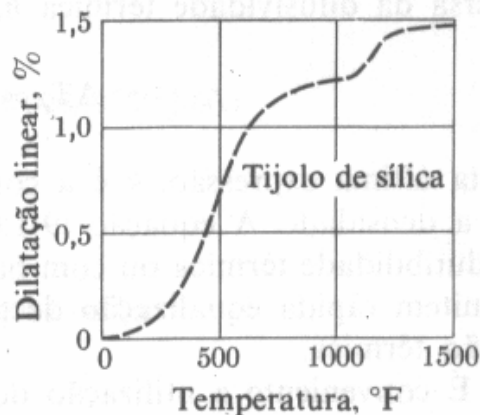
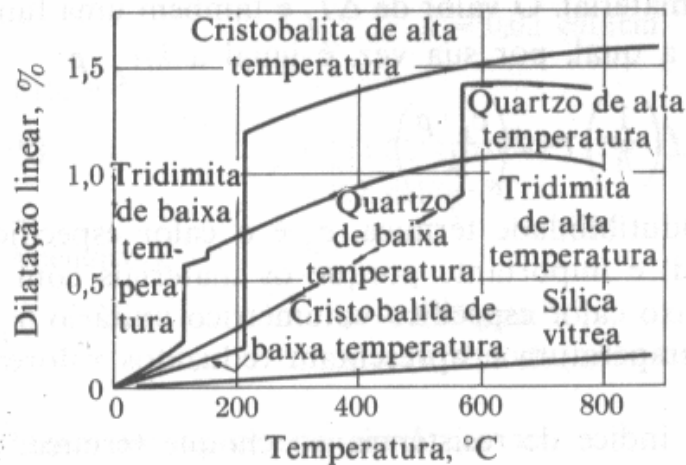
● Oxygen atom

Matérias-Primas Naturais ARGILAS

SÍLICA - FORMAS POLIMÓRFICAS



Temperatura (°C)



Matérias-Primas Naturais ARGILAS

SÍLICA - FORMAS POLIMÓRFICAS

SÍLICA – QUARTZO

- Tipo: forma mais comum de sílica, cristais de alta pureza >10 cm
- Composição: SiO_2 (fases α e β)
- Reações:
 - 573°C inversão α - β
 - 1713°C se funde
- Propriedades e aplicação:
 - Dureza, alto ponto de fusão, habilidade de formar vidro, usado para promover uma massa sólida ao redor da qual a fase vítrea mantém o corpo coeso (estabilidade dimensional)

Matérias-Primas Sintéticas

PRODUÇÃO DE PÓS CERÂMICOS

- Reações no estado sólido:
 - hidróxidos, carbonatos, sulfatos $\rightarrow$ óxidos
 - metais ou óxidos + C $\rightarrow$ carbetos
- Reações sólido-gás:
 - Metais + O₂ $\rightarrow$ óxidos
 - Metais + hidrocarbonetos $\rightarrow$ carbetos
 - Metais + N₂ ou NH₃ $\rightarrow$ nitretos
- Reações em fase gasosa:
 - Hidrólise de haletos $\rightarrow$ SiO₂ ou TiO₂
- Processos de fundição:
 - Al₂O₃, ZrO₂

Matérias-Primas Sintéticas

PÓS A PARTIR DE SOLUÇÕES

- Precipitação e filtração:
 - Pós cerâmicos e metálicos
- Reações hidrotérmicas:
 - Soluções de $\text{ZrOCl}_2 \rightarrow \text{ZrO}_2$
- Vaporização do solvente/desidratação:
 - Secagem por spray ou congelamento
- Processos sol-gel:
 - Gotas de líquido $\rightarrow$ estado gelatinoso $\rightarrow$ pó

Matérias-Primas Sintéticas

PÓS CERÂMICOS INDUSTRIALIZADOS

- Alumina (processo Bayer):
 - $\text{Bauxita} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
- Zircônia:
 - $\text{ZrSiO}_4 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{ZrO}_3 \rightarrow \text{ZrO}_2$
- Carbeto de silício (processo Acherson):
 - $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$
- Nitreto de silício:
 - $3\text{SiO}_2 + 6\text{C} + 2\text{N}_2 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4 + 6\text{CO}$

Matérias-Primas Sintéticas

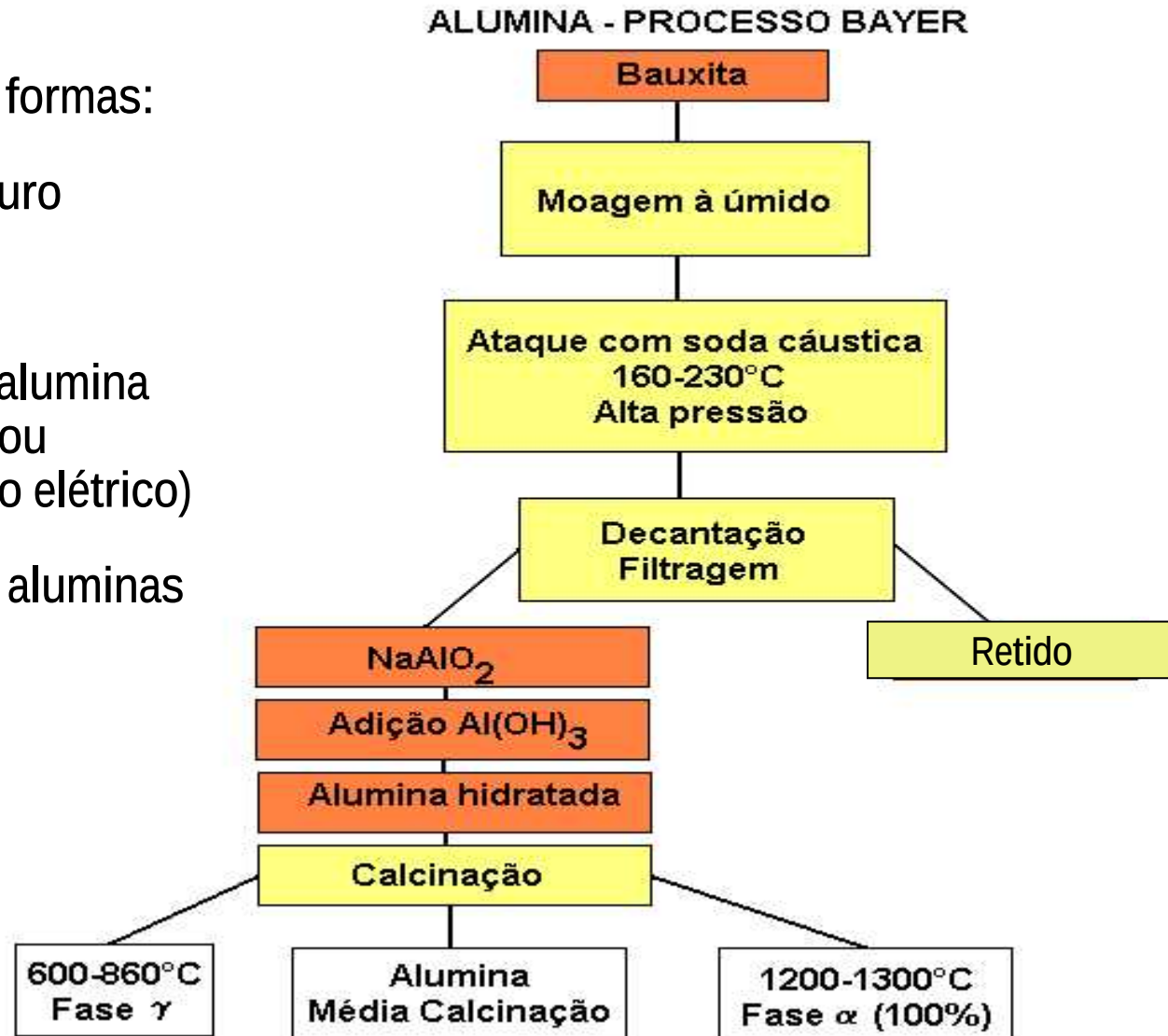
PÓS ULTRAFINOS (NANOCRISTAIS)

- Reações em fase gasosa:
 - Si_3N_4 , SiC
- Redução em H_2 de cloretos metálicos:
 - Ag, Cu, Ni, W
- Evaporação/condensação:
 - Fe, FeNi
- Processamento de soluções

EXTRAÇÃO/BENEFICIAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

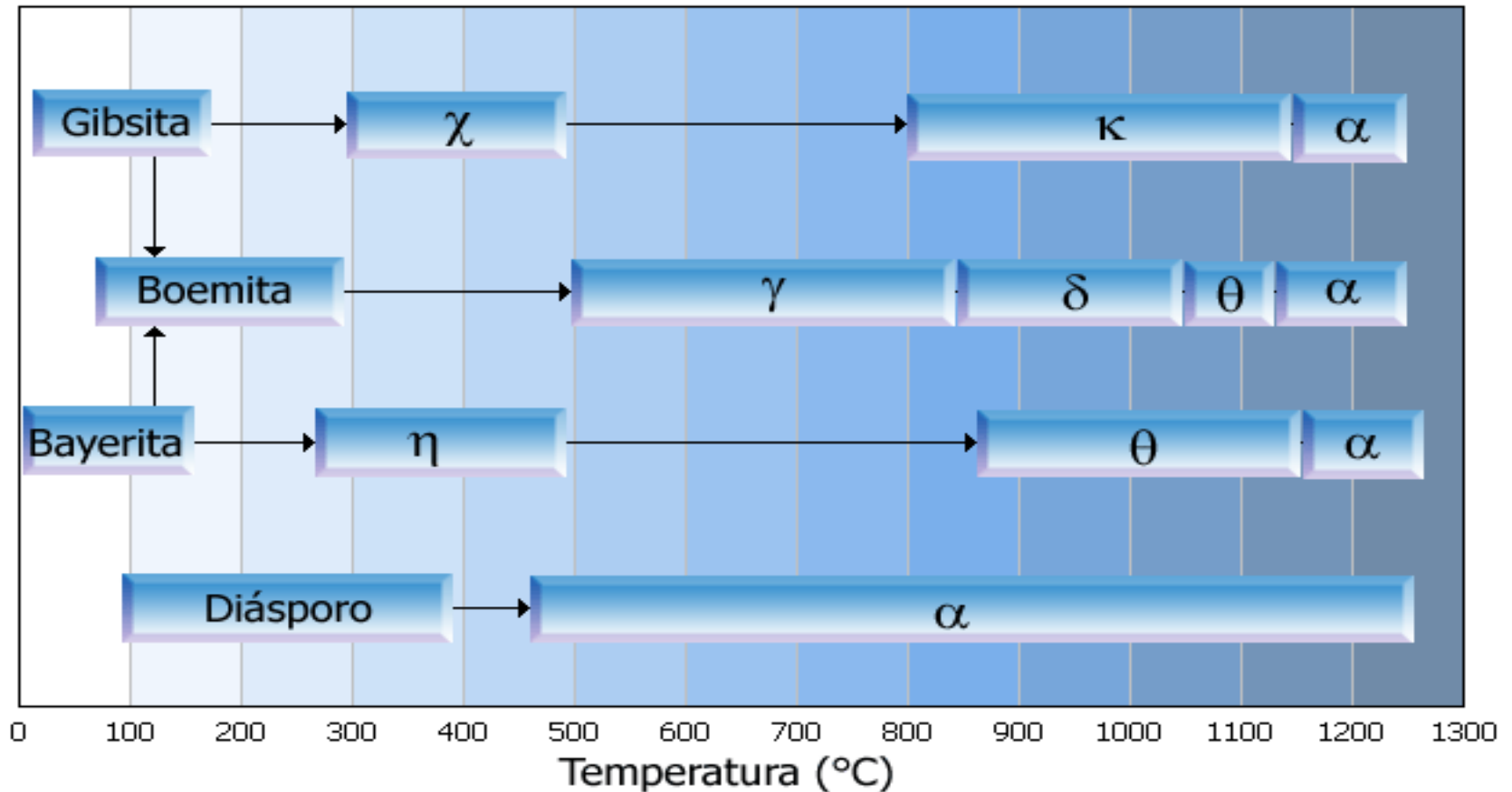
Ex.: OBTENÇÃO DA ALUMINA

- Apresenta-se sob diversas formas:
 - Alumina α : hexagonal, duro
 - outras aluminas γ , η ...
- Bauxita, principal fonte de alumina (processo Bayer modificado ou eletrofusão em fornos de arco elétrico)
- Principais matérias-primas aluminas fundidas e sinterizadas



EXTRAÇÃO/BENEFICIAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

OBTENÇÃO DA ALUMINA:



Pseudopolimorfismo da Al_2O_3

CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

- INFLUÊNCIA SIGNIFICATIVA NAS PROPRIEDADES FINAIS:

CRITÉRIOS:

- composição química (pureza)
- composição mineralógica (minerais presentes)
- tamanho de partícula (distribuição de tamanho)
- reatividade/morfologia (área superficial)
- polimorfismos
- Além destas, a toxicidade, reciclabilidade, disponibilidade e o custo da matéria-prima são decisivos

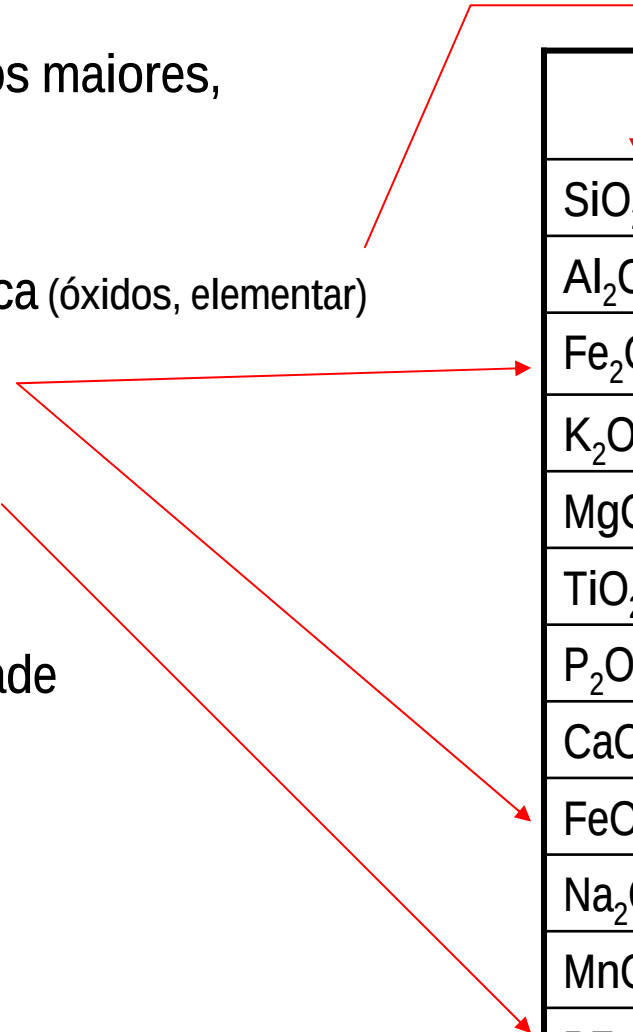
CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

COMPOSIÇÃO QUÍMICA:

FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X: elementos maiores, menores, traços (óxidos, elementar)

- espécie química (óxidos, elementar)
- íons Fe^{+2} , Fe^{+3}
- perda ao fogo
- imprecisão
- reprodutibilidade
- técnica

Composição química característica de uma argila com cor de queima vermelha.

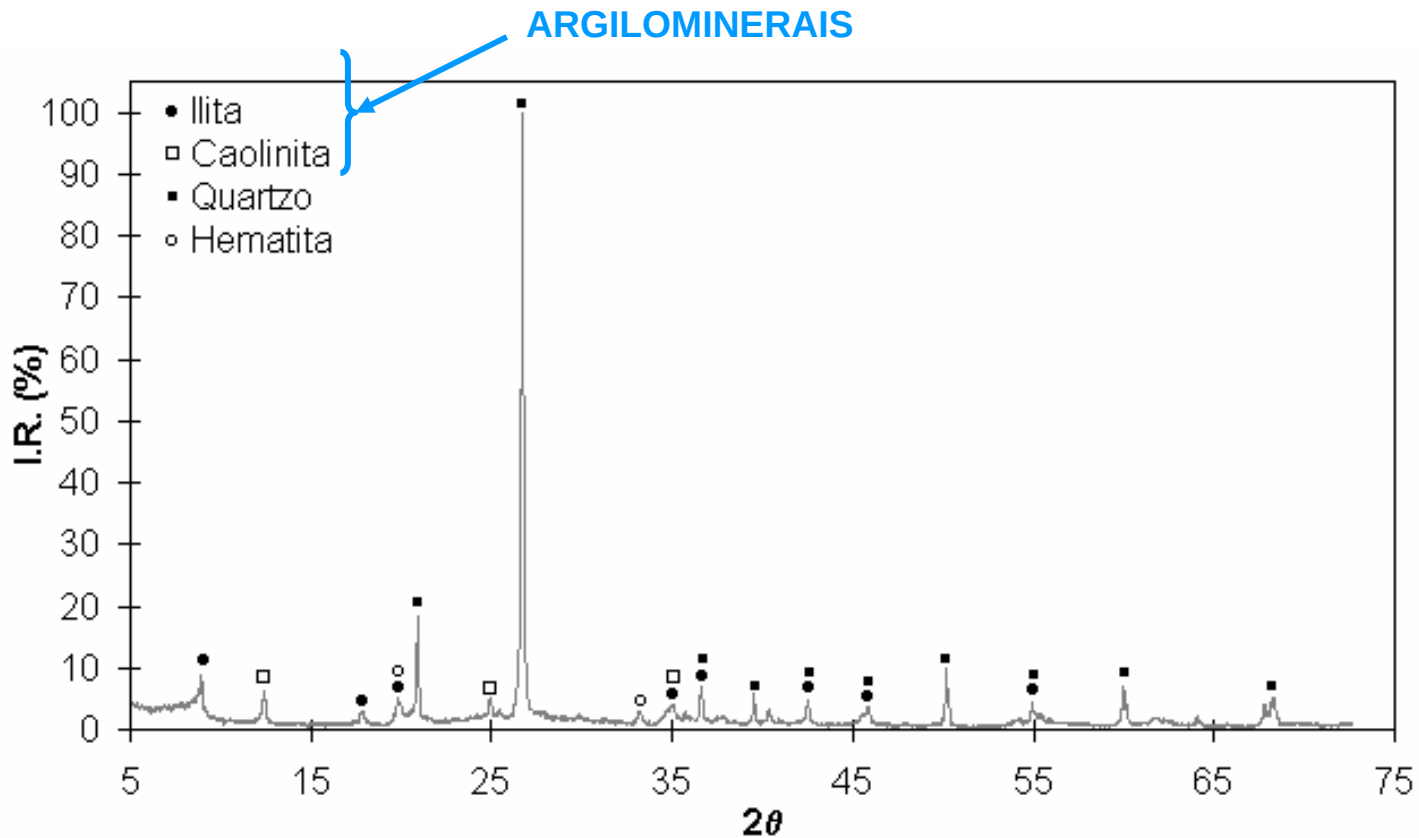


	(%) em peso
SiO ₂	69,86
Al ₂ O ₃	13,84
Fe ₂ O ₃	5,15
K ₂ O	2,60
MgO	1,09
TiO ₂	0,63
P ₂ O ₅	0,21
CaO	0,12
FeO	0,80
Na ₂ O	0,12
MnO	0,08
PF	6,31
Total	100,64

CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA:

- DIFRAÇÃO DE RAIOS X: minerais (fases presentes)



Composição mineralógica característica de uma argila com cor de queima vermelha.

CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

GRANULOMETRIA:

- *Mesh #* número de aberturas por polegada linear

4 # equivale 4,76 mm

400 equivale 0,037 mm

- fração granulométrica:

-100#

-100# +80#

- análise granulométrica:

-4# +6# 5%

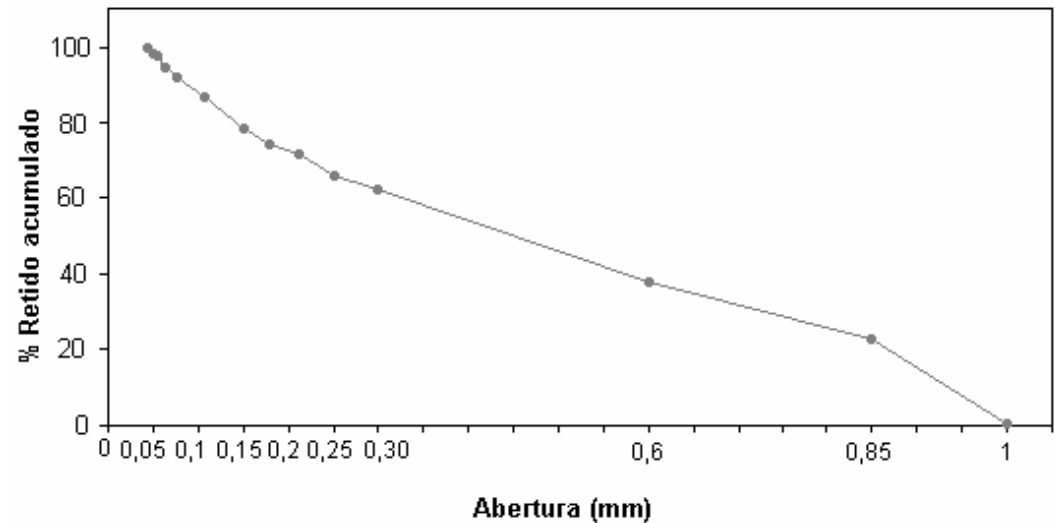
-6# +20# 10%

-20# +100# 25%

CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

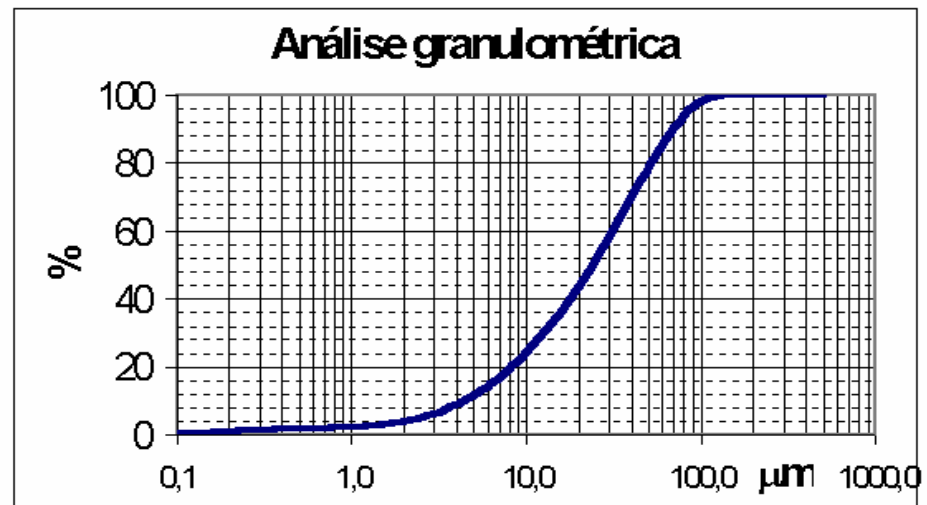
GRANULOMETRIA:

PENEIRAMENTO – ABNT NBR 7181



DIFRAÇÃO A LASER: exemplo de uma argila vermelha.

Amostra	D ₁₀ (μm)	D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)
Argila	0,71	2,93	12,63

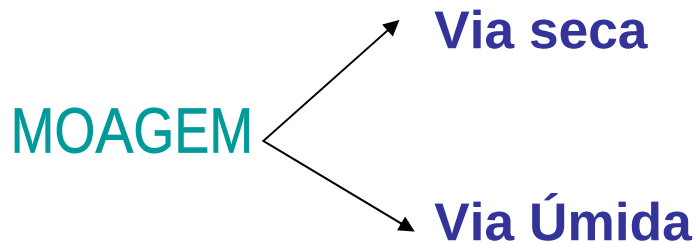


Preparação da matéria-prima

MOAGEM

OBJETIVOS

- Desagregação de aglomerados
- Diminuição do tamanho de partícula
- Aumento da área específica
- Ativação da superfície
- Homogeneização
- Promoção de reações química



MOAGEM

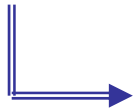
Moagem a úmido

- Processo eficiente na moagem de matérias-primas heterogêneas
- Moagem geralmente descontínua ou por bateladas
- Equipamentos: moinhos horizontais com estrutura de aço, revestidos internamente de sílex ou borracha, com corpos moedores de sílex ou alumina de alta densidade
- Utiliza-se além de água um eletrólito (à base de Na)
- Tempo de moagem: função da friabilidade das matérias-primas, sua forma e distribuição granulométrica, da natureza, forma e distribuição de tamanho e carga dos corpos moedores, e da curva de defloculação da polpa (barbotina)
- Uma vez atingidos os parâmetros de viscosidade e densidade, o moinho é descarregado e a barbotina armazenada em tanques onde é constantemente agitada

MOAGEM

Moagem a seco

- Processo adotado quando a massa cerâmica comporta uma ou no máximo duas argilas
- Equipamentos: destorroador, moinho de martelos e peneira
- Equipamentos mais modernos: moinhos pendulares, peneiras vibratórias e granuladores



pós com granulometria e morfologia similares ao pó atomizado obtido por via úmida.

Preparação da matéria-prima

MOAGEM

ÚMIDO

Vantagens moagem a úmido

- baixo consumo energia
- altas velocidades de rotação
- peneiramento a úmido
- boa homogeneização
- moagem mais efetiva
- distribuição mais estreita
- compatibilidade com *spray drying* e colagem

SECO

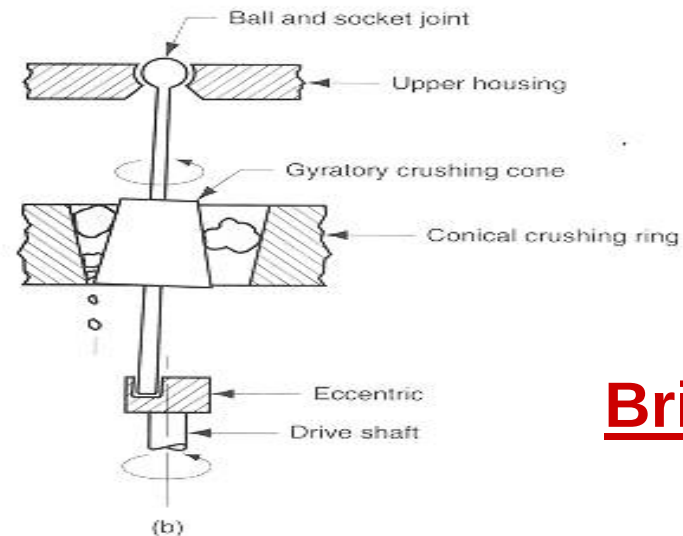
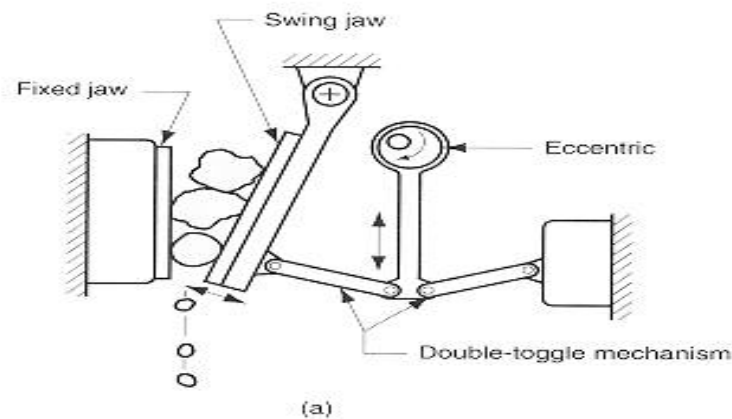
Vantagens moagem a seco

- dispensa secagem dos pós
- sem reações pó/líquido
- menor desgaste dos moinhos
- pode ser interrompida a qualquer momento
- passível de otimização

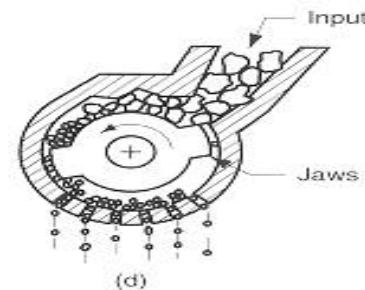
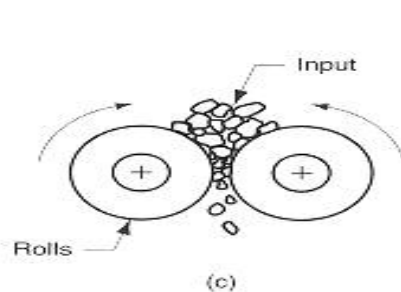
Preparação da matéria-prima

MOAGEM

Tipos de moinhos: britadores, bolas, rotativo, vibratório, martelo, vara, micronização

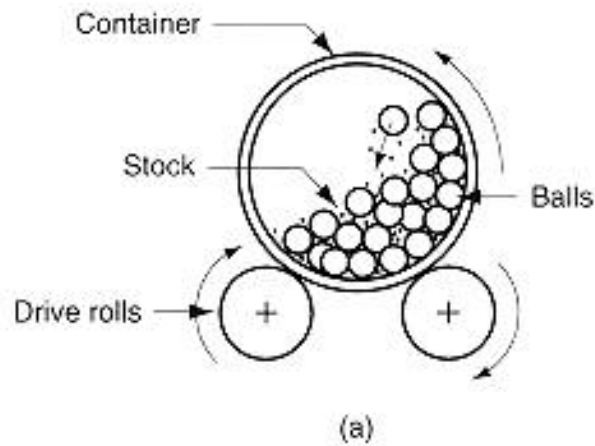


Britadores

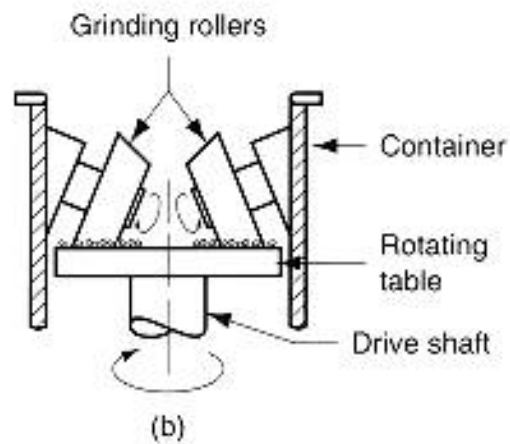


Preparação da matéria-prima

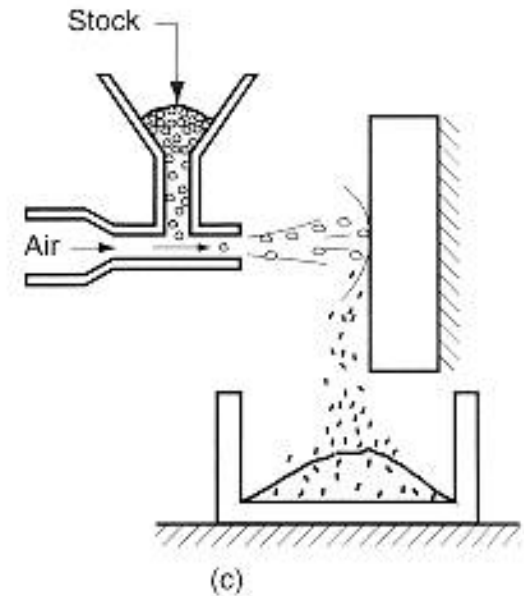
MOAGEM



Bolas



rolos



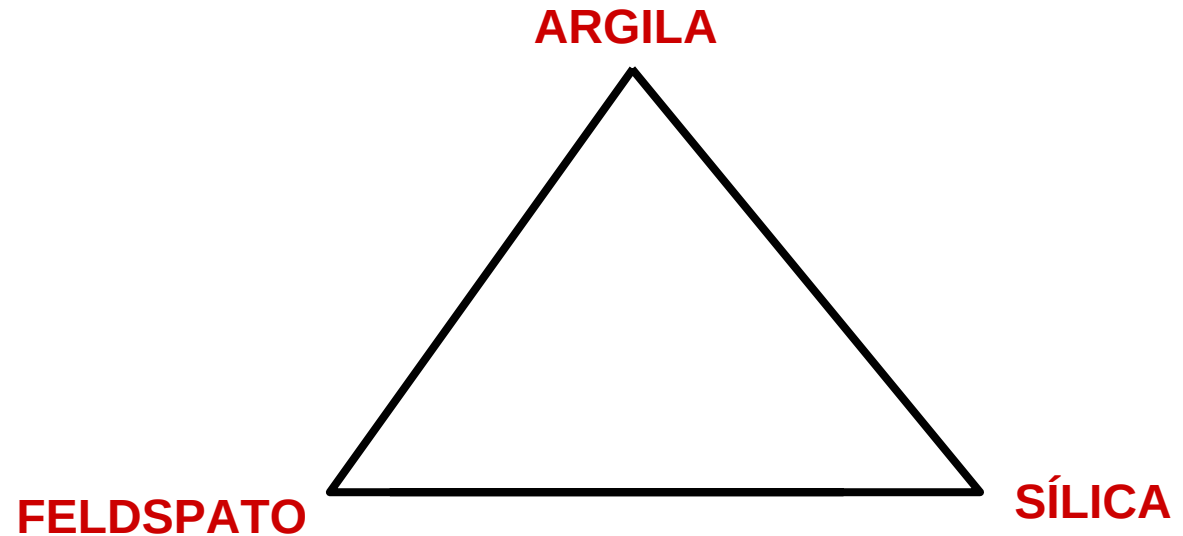
impacto

Preparação da matéria-prima

FORMULAÇÃO

- ❖ **Matérias-primas**
- ❖ **Aditivos**
- ❖ **Água**

Diagrama Triaxial



Composição de alguns tipos de Porcelana

Tipo de porcelana	Caulim (%)	Feldspato (%)	Quartzo (%)
Mesa	40 - 60	18 - 30	12 - 35
Sanitária	25 - 40	30 - 36	24 - 45
Elétrica	40 - 50	20 - 28	22 - 40

Preparação da matéria-prima

FORMULAÇÃO

Formulação de Pisos e Azulejos

MPrima (%) Piso/Azul	P1	P2	P3	A1	A2	A3
Caulim	32	42	30	27	22	31
Argila Plástica	-	-	5	29	25	20
Quartzo	9	8	15	33	25	20
Feldspato	58	58	55	11	3	4
Talco	-	2	-	-	10	10
Outros	1	1,5	1	-	15	15

Preparação da matéria-prima

ATOMIZAÇÃO (SPRAY-DRYING)

↪ Processo de secagem em contra-corrente que ao mesmo tempo produz grânulos de tamanho e área específica controlados

DEPENDENTE: taxa de secagem

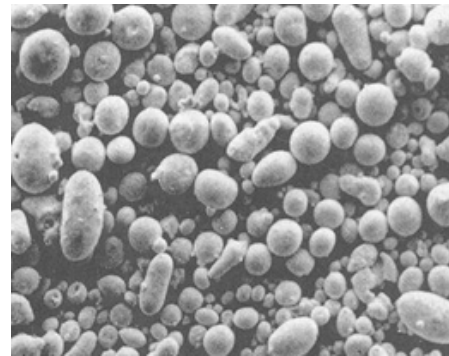
tempo de residência das partículas no equipamento

tamanho do atomizador.

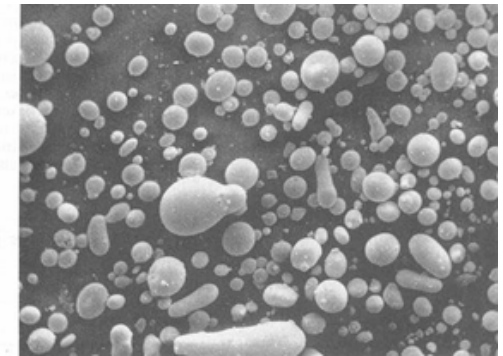
Tipos de atomizadores:

- ✓ SOB PRESSÃO
- ✓ SPRAY CENTRÍFUGO
- ✓ DOIS FLUIDOS

MICROGRAFIA DOS GRÃOS DO PÓ ATOMIZADO



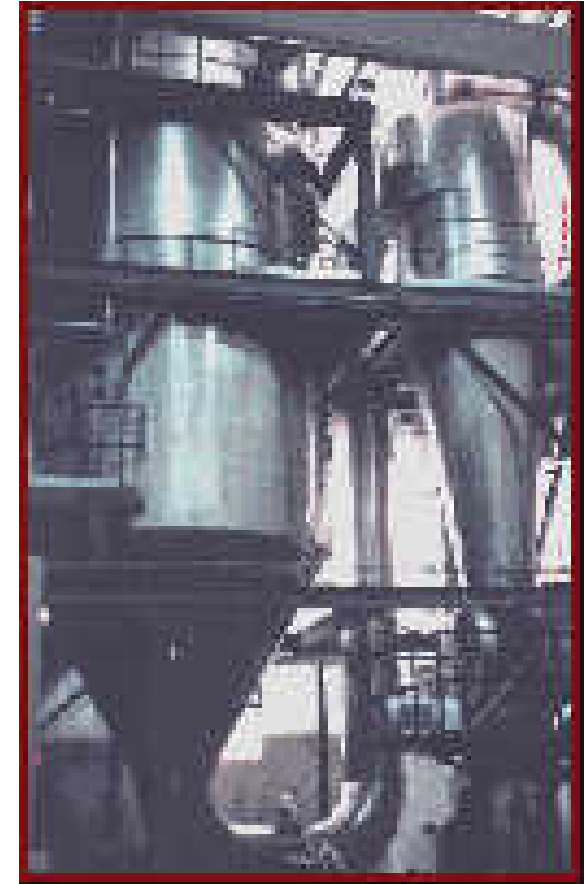
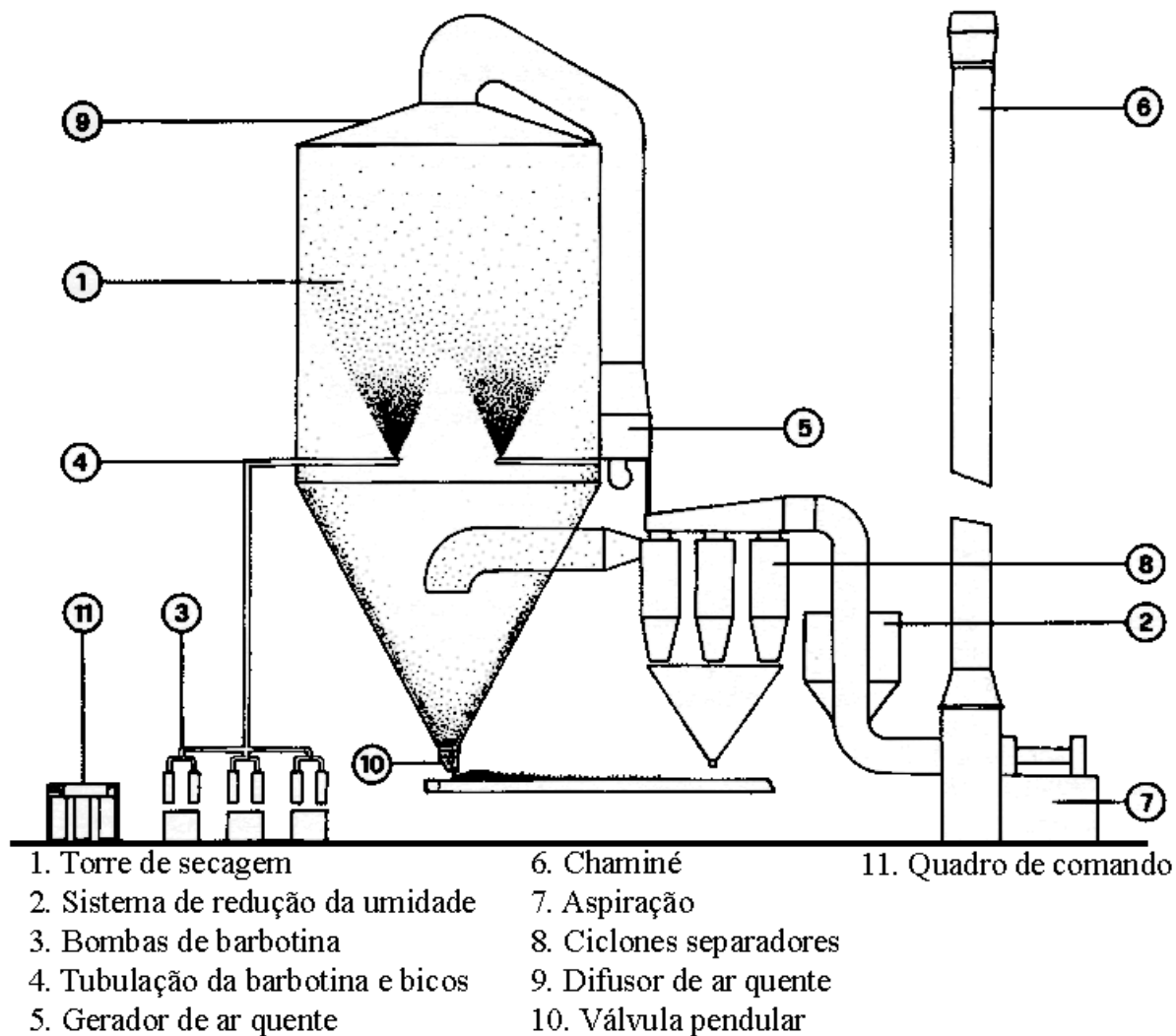
Ferrita (75x)



ZrO₂ (30x)

Preparação da matéria-prima

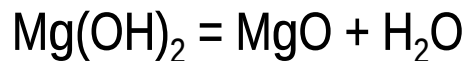
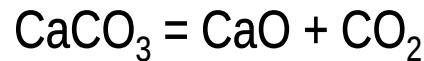
ATOMIZAÇÃO (SPRAY-DRYING)



Preparação da matéria-prima

CALCINAÇÃO

DEFINIÇÃO: decomposição endotérmica de carbonatos, hidróxidos, formando um óxido e um gás ou água.



FATORES DE INFLUÊNCIA:

-tempo de calcinação:  área superficial x tempo 
-temperatura de calcinação:  área superficial x temperatura 
reações mais completas (à morte)



-tipo de forno

-atmosfera do forno

-características da alimentação

Preparação da matéria-prima

ADITIVOS

- Aditivos são empregados por diferentes razões:
 - ligantes são adicionados para proporcionar resistência mecânica ao corpo verde e permitir seu manuseio
 - lubrificantes são empregados para diminuir o atrito entre partículas e entre estas e as paredes do molde
 - agentes de sinterização são empregados para promover densificação de pós
 - defloculantes, plastificantes, tenso-ativos (molhamento), e polímeros termoplásticos são adicionados para prover as propriedades reológicas necessárias à conformação de pós
- Sua adição depende de fatores como:
 - resistência mecânica necessária ao manuseio
 - acabamento pós-queima
 - compatibilidade com o pó cerâmico
 - natureza do processo de conformação
- Observações:
 - ceras, resinas termoplásticas e termofixas não são solúveis em água (não são utilizadas em *slip casting*, por exemplo) mas são essenciais na moldagem por injeção (plastificam pós)
 - aditivos orgânicos podem ser queimados a temperaturas baixas e não contaminam as massas
 - aditivos inorgânicos tornam-se parte da composição

Preparação da matéria-prima

ADITIVOS

Aditivo	Função
ligante	aumenta RM e lubrificação
lubrificante	reduzem atrito
agente de compactação	auxiliam no empacotamento d partículas
plastificantes	propriedades reológicas, escorregamento de partículas
defloculantes	dispersão das partículas
tenso-ativos	redução da tensão superficial
retentores de umidade	retêm a umidade durante a prensagem
agentes antistáticos	controle da tensão de compactação
anti-espumantes	previne formação de bolhas ou espumação
espumantes	promove a formação de bolhas
agentes quelantes	complexam íons indesejáveis
fungicidas / bactericidas	evitam degradação da composição
agentes de sinterização	promovem a densificação na queima
dopantes	promovem propriedades elétricas/magnéticas/ópticas
estabilizadores de fase	controlam a formação / estabilização de fases cristalinas