



# MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO II

## AGLOMERANTES – A CAL

1. Definição. Generalidades. Características Gerais. Classificação.
2. Aglomerantes simples. Grupo calcário argiloso: cal aérea; cal hidratada; especificações.

# Aglomerantes: Terminologia (NBR1172)

## **Agglomerante de origem mineral**

Produto com constituintes minerais que, para sua aplicação, se apresenta sob forma pulverulenta e que na presença da água forma uma pasta com propriedades aglutinantes.

Requisitos principais de um **aglomerante mineral**:

- adesividade;
- trabalhabilidade;
- resistência mecânica;
- durabilidade;
- economia.

# Aglomerantes: Terminologia (NBR1172)

## **Agglomerante hidráulico**

Agglomerante cuja pasta apresenta a propriedade de endurecer apenas pela reação com a água e que, após seu endurecimento, resiste satisfatoriamente quando submetida à ação da água.

## **Agglomerante aéreo**

Agglomerante cuja pasta apresenta a propriedade de endurecer por reações de hidratação ou pela ação química do anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>) presente na atmosfera e que, após seu endurecimento, não resiste satisfatoriamente quando submetida à ação da água.

## **Cimento**

Agglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e/ou aluminatos de cálcio.

## **Cimento natural**

Agglomerante hidráulico obtido pela calcinação e moagem de um calcário argiloso, denominado “rocha de cimento” ou “marga”.

# Aglomerantes: Terminologia (NBR1172)

## **Cal**

Agglomerante cujo constituinte principal é o óxido de cálcio ou óxido de cálcio em presença natural com o óxido de magnésio, hidratados ou não.

## **Cal virgem**

Cal resultante de processos de calcinação, da qual o constituinte principal é o óxido de cálcio ou óxido de cálcio em associação natural com o óxido de magnésio, capaz de reagir com a água. Em função dos teores dos seus constituintes, pode ser designada de: cálcica (ou altocálcio), magnesiana ou dolomítica.

## **Cal extinta**

Cal resultante da exposição da cal virgem ao ar ou à água, portanto apresentando sinais de hidratação e, eventualmente, de recarbonatação. Apresenta proporções variadas de óxidos, hidróxidos e carbonatos de cálcio e magnésio.

# Aglomerantes: Terminologia (NBR1172)

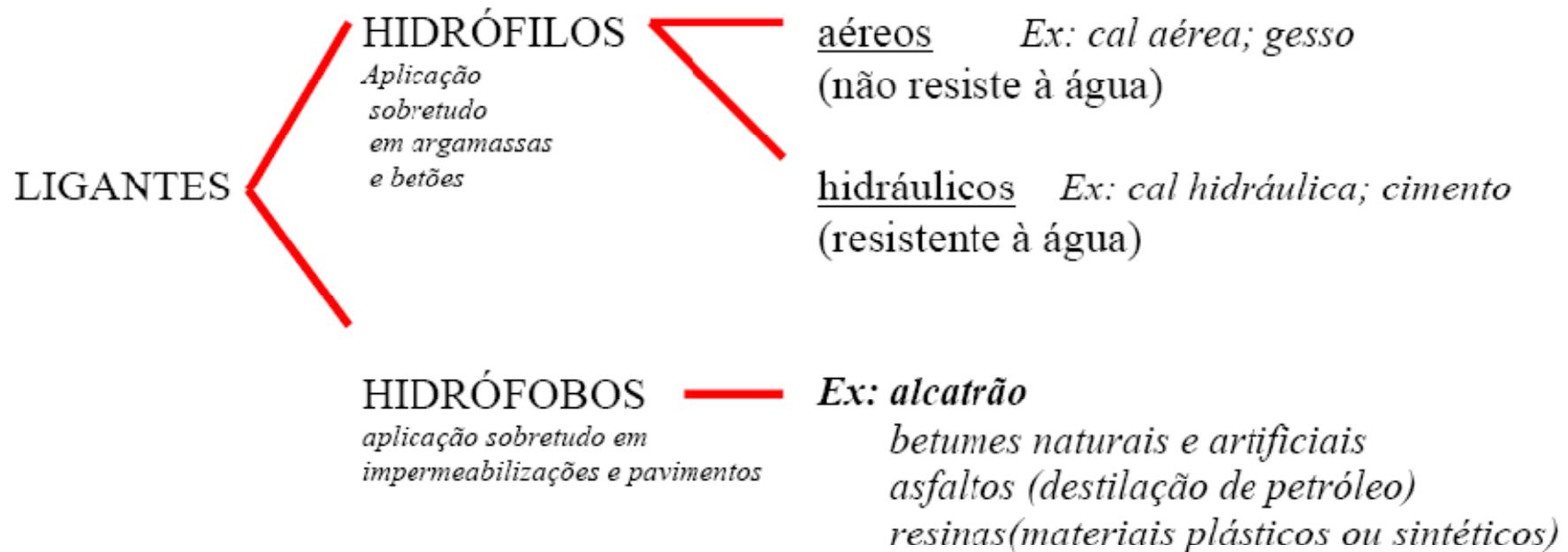
## **Cal hidratada**

Cal, sob a forma de pó seco, obtida pela hidratação adequada de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

## **Cal hidráulica**

Cal, sob a forma de pó seco, obtida pela calcinação a uma temperatura próxima à da fusão de calcário com impurezas sílico-aluminosas, formando silicatos, aluminatos e ferritas de cálcio, que lhe conferem um certo grau de hidraulicidade.

# Aglomerantes: classificação



# Cal

A cal é um aglomerante aéreo, ou seja, é um produto que reage em contato com o ar. Nesta reação, os componentes da cal se transformam em um material tão rígido quanto a rocha original (o calcário) utilizada para fabricar o produto.

A cal pode ser considerada o produto manufaturado mais antigo da humanidade. Há registros do uso deste produto que datam de antes de Cristo. Um exemplo disto é a muralha da China, onde pode-se encontrar, em alguns trechos da obra, uma mistura bem compactada de terra argilosa e cal.

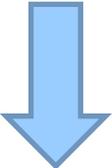
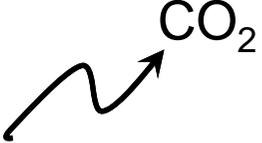
Pela diversidade de aplicações, a cal está entre os dez produtos de origem mineral de maior consumo no planeta. Estima-se que sua produção mundial esteja em torno de 145 milhões de toneladas por ano.

Sua utilização engloba as indústrias siderúrgicas, para remoção de impurezas; o setor ambiental, no tratamento de resíduos industriais; as indústrias de papel e o setor de construção civil.

# Calcinação

minerais que constituem as rochas carbonatadas cálcio-magnesianas...

Calcita e Aragonita ( $\text{CaCO}_3$ )  
Dolomita ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ )

Decomposição  
térmica    $\text{CO}_2$

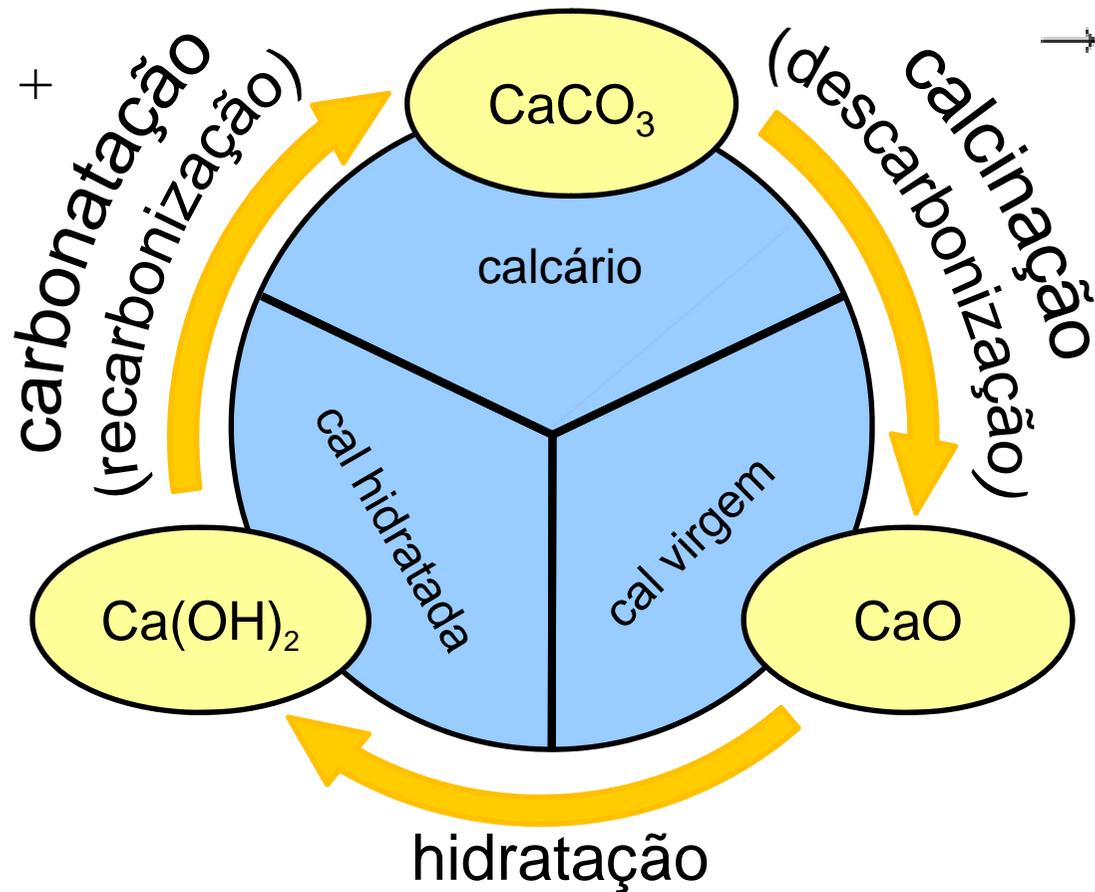
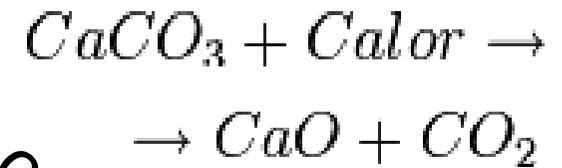
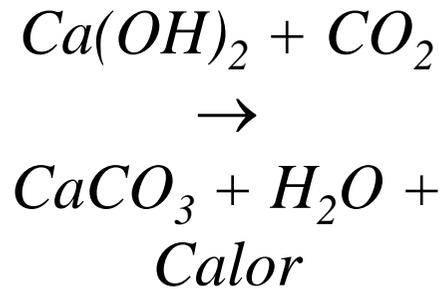


Cal virgem = Cal viva

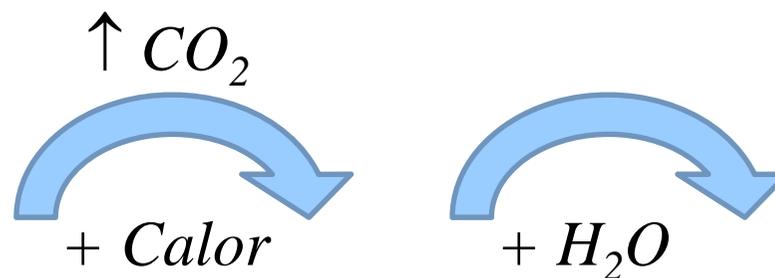
CaO  
teor  MgO  
Cal cálcica  
Cal dolomítica  
Cal magnesiana



# Ciclo da Cal



# Ciclo da Cal



Espécies químicas	Calcário	Cal Virgem	Cal Hidratada
CaO	56	100	75,7
CO <sub>2</sub>	44	0	0
H <sub>2</sub> O	0	0	24,3



Calcário

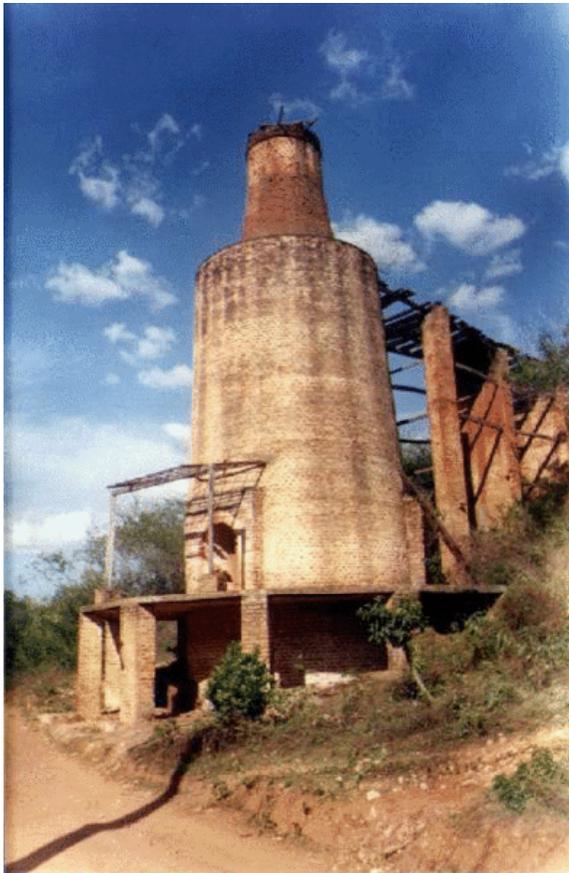


Cal Virgem



Cal Hidratada

# Fornos Verticais



Forno “de barranco”



Forno tipo Azbe

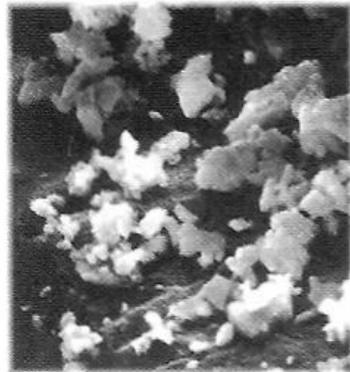
Cal virgem



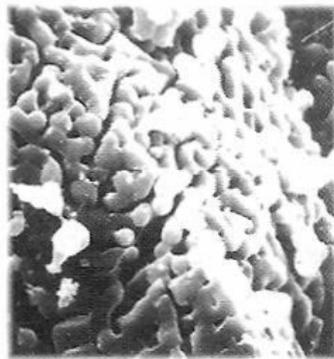
# Calcinação



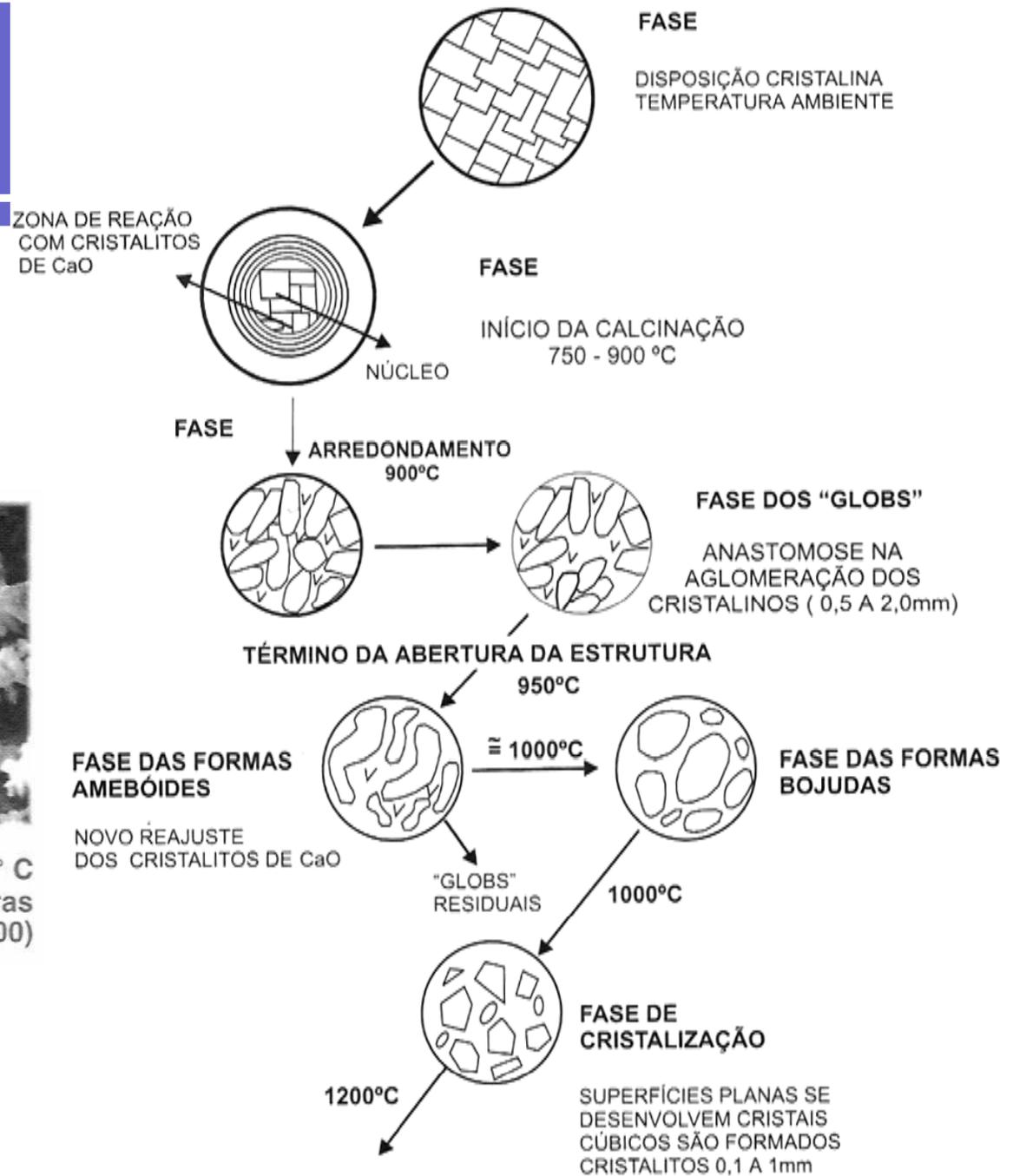
Mármore natural  
(x 4.000)



Calcinação a 900° C  
durante 2 horas  
(x 4.000)

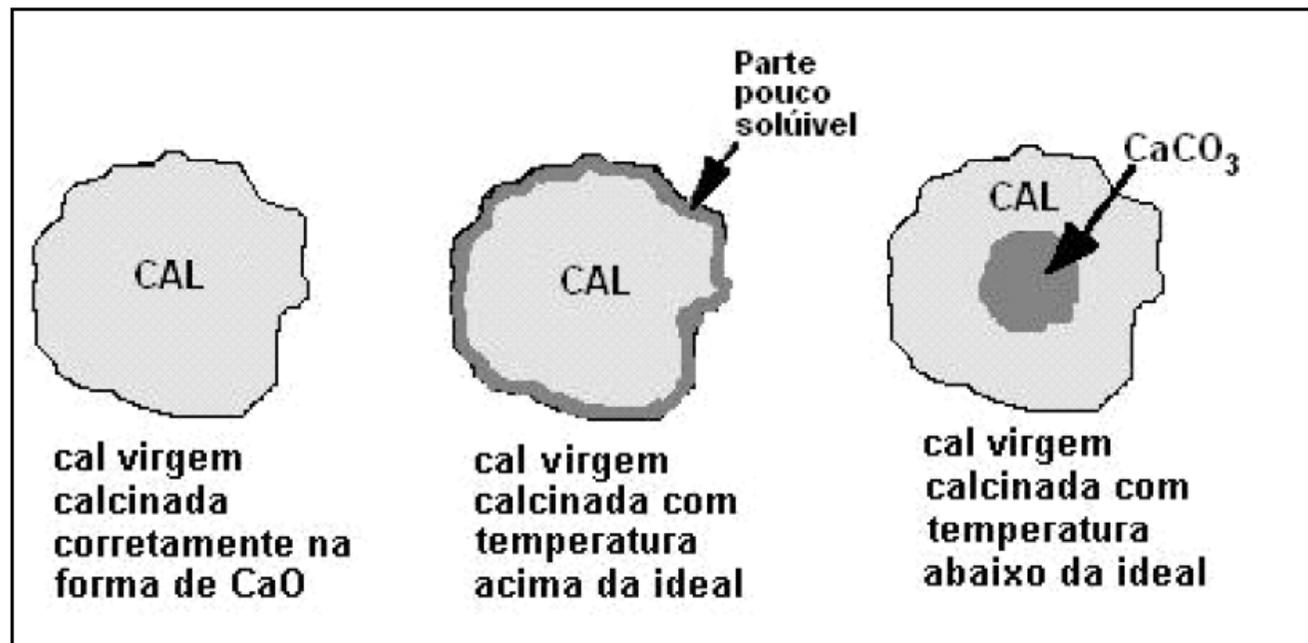


Calcinação a 1500° C  
durante 2 horas  
(x 4.000)



# Calcinação

A qualidade de uma cal está relacionada ao seu processo de fabricação desde o controle de qualidade do minério até a forma de hidratação.



# Cal Hidratada

Pela exposição ao ar úmido, ou através de hidratadores, ocorre a transformação da cal virgem em cal hidratada ou a “**extinção**” da cal.

A hidratação da cal virgem é uma reação **fortemente exotérmica**. Por exemplo, 1 kg de cal virgem cálcica pode elevar a temperatura de 2,3 litros de água de 12°C para 100°C.

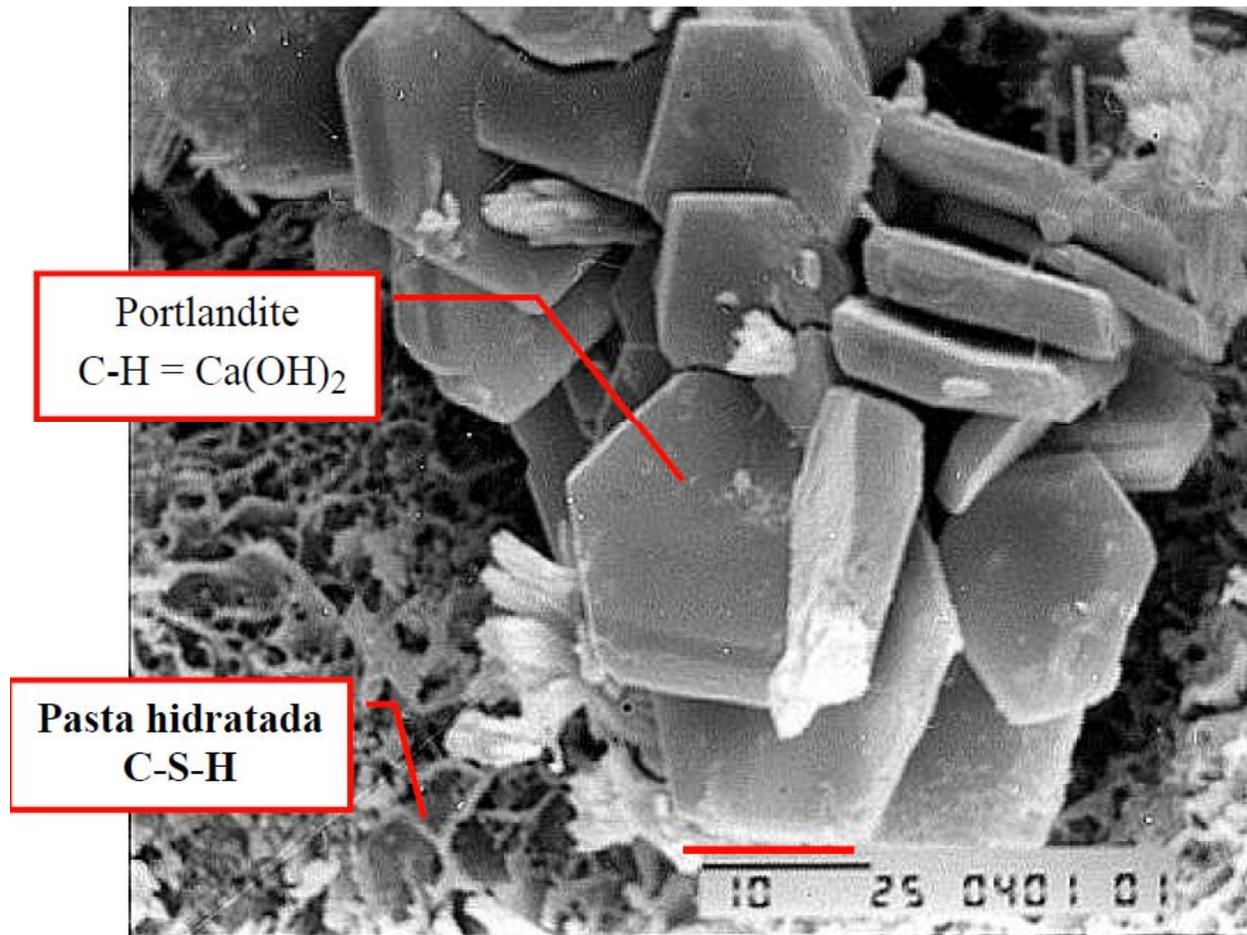
A cal hidratada é mais conhecida e estudada pela propriedade aglomerante que transmite às argamassas.

O **aglomerante é o hidróxido**, e a capacidade aglomerante da cal hidratada é quantificada pelo teor dos hidróxidos presentes no produto.

Os **carbonatos** residuais constituem-se na **fração inerte** da cal.

A cal hidratada **endurece** em contato com o **ar** por recarbonatação dos óxidos, ao absorver CO<sub>2</sub> (gás carbônico) do ar.

# Cal Hidratada - imagem



Micrografia eletrônica de varredura, mostrando cristais de  $\text{Ca(OH)}_2$  na interface da pasta de cimento com a areia  
Largura do campo =  $66\mu\text{m}$  ; Observação: Uma folha de papel =  $100\mu\text{m}$

# Cal Hidratada - Ensaaios Químicos

Os ensaios tem por objetivo verificar a "pureza" da cal hidratada, avaliando o processo de fabricação do produto e a qualidade da sua matéria prima.

Os ensaios químicos têm influência direta sobre o desempenho do produto.

Além disso, a partir desses ensaios, pode-se verificar a existência de impurezas na matéria prima da cal hidratada. Quanto maior a porcentagem de impurezas, menor será a quantidade de cal que o consumidor estará efetivamente comprando.

A cal hidratada é obtida a partir da adição de água na cal virgem e sua qualidade química depende das características e das impurezas contidas na rocha que lhe deu origem e do processo de calcinação de sua matéria prima.

# Cal - Ensaio Químicos

## **Determinação da quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):**

O dióxido de carbono, anidrido carbônico, ou gás carbônico, é liberado na queima das rochas que formarão a cal virgem.

A determinação da quantidade de dióxido de carbono na cal hidratada tem como função verificar se o minério foi bem calcinado ou se ficou parte sem reagir.

Serve para verificar, também, se aconteceu uma carbonatação no armazenamento da cal hidratada por contato com o dióxido de carbono do meio ambiente.

Se a rocha que deu origem à cal foi pouco "queimada", diminui o seu poder de "cola". Logo, neste ensaio "queima-se" a cal e verifica-se o quanto de gás carbônico foi liberado.

# Cal - Ensaio Químicos

## **Óxidos Não Hidratados:**

Este ensaio avalia a quantidade de cal virgem que não hidratou com a água. Quanto maior essa quantidade, menor a fração de cal hidratada efetivamente no produto final e, quanto menos cal hidratada, menor o poder de "colar" a argamassa terá. Esse ensaio também verifica se há possibilidade de ocorrer o surgimento de pequenas "bolhas" na parede, que podem surgir na argamassa depois de seca, na parede.

## **Óxidos Totais:**

Quanto maior for a fração de impurezas presentes na amostra, menor será a fração de óxidos totais. Pode-se dizer então que este ensaio verifica a qualidade da matéria prima utilizada na fabricação da cal hidratada.

# Cal Hidratada

A cal hidratada pode ser classificada em três tipos: CH I, CH II e CH III.

Todos os tipos têm que ser submetidos aos mesmos ensaios mas as exigências de resultados melhores para a cal CH I são maiores do que para a CH II, que exigem mais do que para a CH III. Isto significa que se o consumidor quiser uma cal mais "pura" ele deve adquirir uma CH I, já que para ser definida desta maneira, seus resultados obedecem a limites acima dos exigidos para a CH III. O tipo CH II seria o meio termo.

Esta informação deve estar presente na embalagem do produto e foi com base nela que as amostras foram classificadas e avaliadas. Caso o fabricante não informasse qual o tipo da cal, seria estipulado o tipo CH III, por ter os limites mais brandos, e permitidos pela norma.

Requisitos		Critérios limite		
		CH I	CH II	CH III
Anidrido carbônico	Na fábrica	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	$\leq 13\%$
	No depósito	$\leq 7\%$	$\leq 7\%$	$\leq 15\%$
Óxidos de cálcio e de magnésio não hidratados (CaO + MgO)		$\leq 10\%$	$\leq 15\%$	$\leq 15\%$
Óxidos totais na base de não voláteis (CaO + MgO)		$\geq 90\%$	$\geq 88\%$	$\geq 88\%$



## Mercado Brasileiro da CAL

Produção em 2008:

**7,4 milhões ton.**

**5º produtor mundial**



# Mercado Brasileiro da CAL

37%

Distribuição do consumo  
no Brasil em 2007

22%



Indústria  
Siderúrgica

9%



Indústria  
Química

8%



Celulose  
e Papel

7%



Pelotização  
Minério Fe

5%



Indústria  
Alimentícia

3%



Meio  
Ambiente

2%



Metalurgia  
não ferrosos

7%



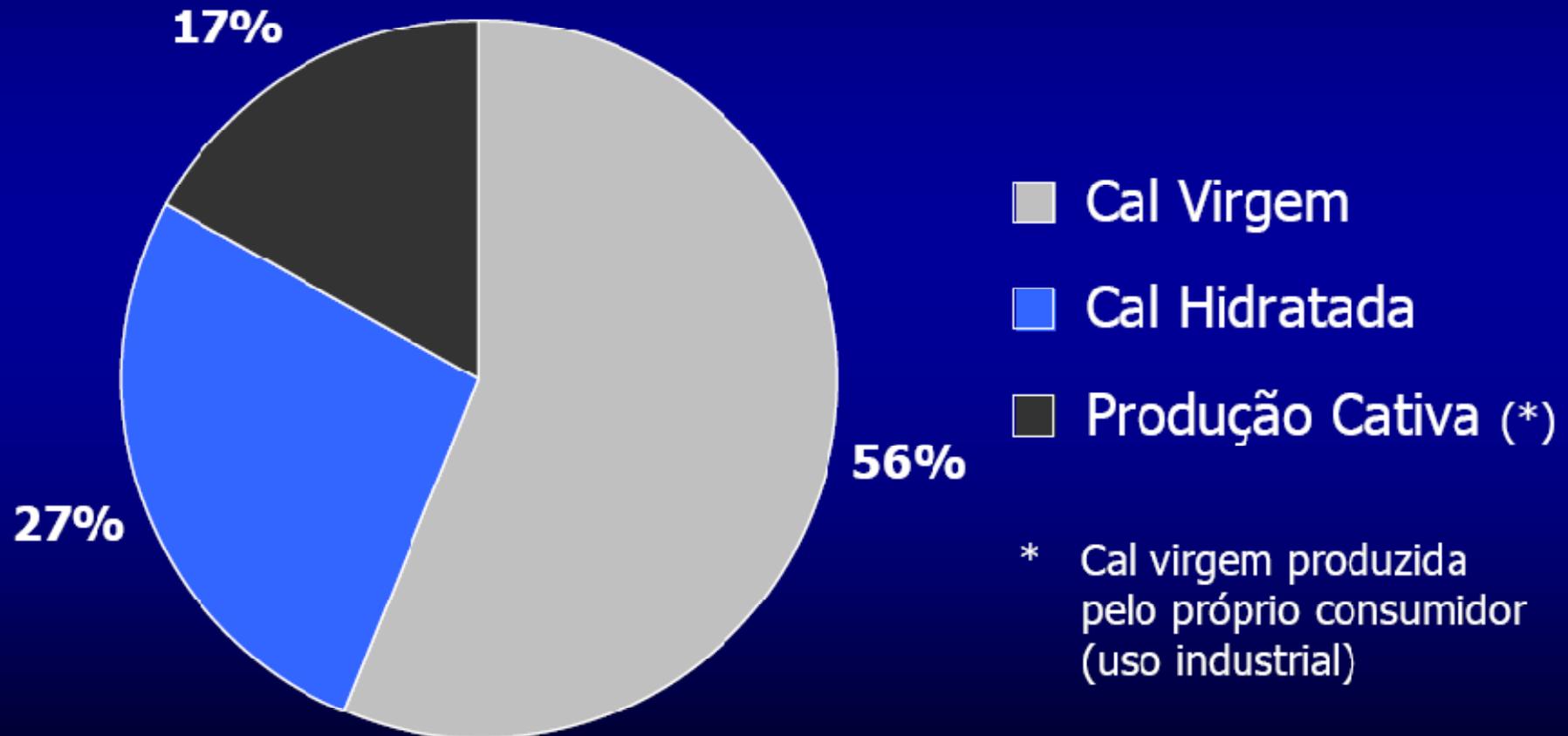
Agricultura e  
outros usos



Construção  
Civil



## Mercado Brasileiro da CAL



# Cal Hidratada



embalagens de 20kg

VOCÊ SABIA ?

O INMETRO ANALISOU 25 MARCAS DE CAL HIDRATADA DE TODO O BRASIL

5 marcas com o Selo da ABPC foram analisadas :

**TODAS FORAM APROVADAS.**

E das outras 20 marcas analisadas :  
16 produtos foram reprovados.

**10 deles nem são cal, mas têm a expressão "CAL" na marca, lesando o consumidor.**

 SAIBA MAIS :  
[Clique aqui](#) e faça o download do relatório completo do Programa de Análise de Cal Hidratada realizado pelo INMETRO



# A Cal hidratada nas argamassas

No estado fresco, a cal propicia maior **plasticidade** à argamassa, permitindo melhor **trabalhabilidade** e, conseqüentemente, maior produtividade na execução do revestimento.

Outra propriedade no estado fresco é a **retenção de água**, importante no desempenho da argamassa, relativo ao sistema base/revestimento, por não permitir a sucção excessiva de água pela base.

No estado endurecido a capacidade de **absorver deformações**, devido ao seu baixo módulo de elasticidade, é de extrema importância no desempenho da argamassa, que deve acompanhar as movimentações da estrutura.

Possibilita **diminuição da retração** gerando menor variação dimensional, além de carbonatar lentamente ao longo do tempo, **tamponando eventuais fissuras** ocorridas no endurecimento da argamassa mista.

# Cal - Ensaaios Físicos

Os ensaios físicos verificam se a cal foi bem moída no processo de fabricação, se é econômica, se é boa para o pedreiro trabalhar com ela e se a argamassa desta cal retém a água da mistura ou a perde para a parede onde a argamassa foi assentada.

## **Finura:**

Neste ensaio faz-se um peneiramento das amostras, em duas peneiras diferentes, e verifica-se quanto de material ficou retido em cada peneira. A norma especifica um valor máximo para estas quantidades, por que quantidades maiores do que as especificadas demonstram que a cal não foi bem moída.

## **Plasticidade:**

Este ensaio avalia se a argamassa feita com a amostra de cal está bem trabalhável, ou seja, se tem uma boa plasticidade. Uma mistura com boa plasticidade permite uma maior qualidade no serviço, pois facilita o trabalho do pedreiro no manuseamento da argamassa.

# Cal - Ensaaios Físicos

## **Retenção de Água:**

A água utilizada na argamassa não deve ser, rapidamente, perdida para os tijolos ou para a estrutura de concreto onde esta argamassa foi aplicada, caso contrário, a argamassa poderá apresentar pequenas rachaduras, depois de seca, comprometendo a beleza da argamassa colocada na parede. Este ensaio avalia então a capacidade da cal reter água.

## **Incorporação de Areia:**

A argamassa é constituída de areia, água e cal hidratada. Se o pedreiro puder acrescentar mais areia na argamassa, sem prejudicar seu desempenho, mais econômica será a cal. Logo este teste verifica se a quantidade de areia incorporada na argamassa atende a um valor mínimo.

## **Estabilidade:**

Este ensaio verifica a presença de substâncias expansivas na cal hidratada, ou seja, que têm a tendência de reagir depois que a argamassa já está colocada e seca na parede. Pode ocorrer então uma expansão de volume dos grãos da argamassa e descolamento de pedaços de argamassa da parede.

# Cal – outras aplicações

- PINTURA
- BLOCOS CONSTRUTIVOS
- ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS
- ADIÇÃO NO CIMENTO PORTLAND (filler calcáreo)

# Cal – Caiação



Ilha de Mykonos - Grécia

Recomendada para  
superfícies  
ásperas e secas



embalagens  
de 8kg

Cal hidratada fina e  
com fixador