

NOÇÕES SOBRE
AGLOMERANTES MINERAIS

Abraham Zakon
Marcus Carvalho Fonseca

1. CONCEITOS E CLASSIFICAÇÕES

- 1.1 Adesivos ou Ligantes
- 1.2 Aglomerantes
- 1.3 Pastas
- 1.4 Natas
- 1.5 Argamassas
- 1.6 Pega
- 1.7 Óxidos Formadores

2. ETAPAS BÁSICAS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

3. MATÉRIAS-PRIMAS

- 3.1 Essenciais
- 3.2 Auxiliares

4. AGLOMERANTES AÉREOS

- 4.1 Barro ou Argilas
- 4.2 Gesso
- 4.3 Cales Aéreas
- 4.4 Magnésia ou Cimento Sorel

5. AGLOMERANTES HIDRÁULICOS

- 5.1 Cales Hidráulicas
- 5.2 Cimentos Naturais
- 5.3 Cimentos Artificiais

6. ADITIVOS E ADIÇÕES ATIVAS

- 6.1 Aditivos
- 6.2 Adições Ativas
- 6.3 Escórias
- 6.4 Pozolanas
- 6.5 Fluxos ou Fundentes
- 6.6 Mineralizadores
- 6.7 Ativadores

7. PARÂMETROS DE FABRICAÇÃO DOS AGLOMERANTES

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Uma boa coleção de livros e
uma organização eficiente do seu material
de trabalho são essenciais para o
profissional de nível superior. (AZ).

DPI

NOÇÕES SOBRE
AGLOMERANTES MINERAIS

AGOSTO/85

AZ e MCF

1

1. CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO

1.1 Adesivos ou ligantes são substâncias que podem unir dois materiais entre si, aderindo fortemente às superfícies de ambos.

1.2 Aglomerantes são materiais que, sob determinadas condições, desenvolvem resistência mecânica (endurecem), apresentando a propriedade de ligar ou unir misturas.

Aglomerantes orgânicos: incluem colas, gomas, adesivos, de origem animal, vegetal ou industrial, como, por exemplo, epoxis, latex, monômeros polimerizáveis solúveis em água, betume ou asfalto, caseína e preparações oleaginosas.

Aglomerantes inorgânicos (ou minerais) são geralmente pulverulentos e misturados com água formam pastas adesivas capazes de endurecer por simples secagem ou por meio do desenvolvimento de reações químicas; incluem as argilas (barro), cal, gesso e cimentos.

Aglomerantes quimicamente inertes são os que endurecem por simples secagem exemplo: argilas.

Aglomerantes quimicamente ativos adquirem resistência mecânica pela ocorrência de reações químicas; é o caso do gesso, das cals e dos cimentos.

Aglomerantes aéreos são os que se solidificam e conservam a rigidez somente no ar; é o caso de argilas, gesso e algumas cals.

Aglomerantes hidráulicos são os que fazem pega e conservam a rigidez tanto ao ar quanto submersos em água; é o caso de algumas cals e cimentos. (ABNT TB-76/69)

Aglomerantes simples são aqueles que depois do cozimento (calcinação) não receberam adições substanciais de outros agentes químicos, a não ser pequenas percentagens, admitidas nas respectivas especificações técnicas, destinadas a regular o início da pega e ativar a progressão da resistência e outras propriedades.

Aglomerantes compostos são misturas de um aglutinante simples (cal ou cimento) com substâncias denominadas "hidraulites" (escória de alto forno ou pozolana).

Aglomerantes mistos resultam da mistura de dois aglutinantes simples.

Aglomerantes com adições são aglutinantes simples ao qual foram feitas adições que excedem os limites estabelecidos nas suas especificações.

1. 3 Pastas são materiais de construção constituídos por uma mistura de um aglomerante e água.

1. 4 Natas são as pastas preparadas com excesso de água. As natas de cal são utilizadas em revestimentos e pinturas; as de cimento são preparadas para a ligação de argamassas, concretos de cimento e injeções.

1. 5 Argamassas são constituídas por um material ativo, a pasta, e um material inerte, o agregado miúdo. A adição do agregado miúdo à pasta, no caso das argamassas de cimento (concreto), barateia o produto e elimina, em parte as modificações de volume.

Aglomerantes magros são materiais onde os vazios ou poros existentes não foram totalmente preenchidos. Esta conceituação é válida para argamassas de cal e cimento. Outros autores utilizam o critério de "rendimento em pasta"; se o volume de pasta / de cal obtido com uma tonelada de cal viva for menor que $1,82\text{m}^3$, a cal será magra.

Aglomerantes gordos são aqueles que apresentam um excesso de pasta. Se o rendimento em pasta de cal for maior que $1,82\text{m}^3/\text{ton}$ a cal será denominada gorda. São empregados 550 Kg de cal viva para 1m^3 de pasta. Note-se que o "rendimento em pasta" é uma designação para "volume específico".

Aglomerantes cheios ou normais são os que possuem os vazios preenchidos entre os grãos do agregado ou pequena variação em torno do valor do rendimento-limite em pasta. Do ponto de vista econômico, a pasta de cal é o aglomerante realmente usado em construção e o produto comprado é cal viva.

1. 6 Pega de um aglomerante é a fase inicial do processo de endurecimento, ou seja, a transformação da pasta plástica em corpo sólido.

1. 7 Óxidos Formadores de materiais cerâmicos são os fundamentais para a produção de aglomerantes minerais (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , SO_3 , MgO , Fe_2O_3) bem como outros minoritários (K_2O , Na_2O , Mn_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , SrO , Cr_2O_3 , etc). Sob a designação "compostos minoritários" abrigam-se também os halogenetos F^- e Cl^- . Os compostos minoritários podem exercer efeitos marcantes na produção, na hidratação e nas propriedades dos aglomerantes minerais e outros materiais cerâmicos.

TABELA 1
CLASSIFICAÇÕES PARA AGLOMERANTES

CARACTERÍSTICA	TIPOS GENÉRICOS
ORIGEM	NATURAIS E ARTIFICIAIS ORGÂNICOS - animais, vegetais e industriais INORGÂNICOS - minerais e industriais ESPECIAIS
FORMA DE ENDURECIMENTO	SIMPLES SECAGEM - quimicamente inertes SECAGEM E REAÇÕES QUÍMICAS - quimicamente ativos
AMBIENTE DE ENDURECIMENTO	AR - aéreos ÁGUA - hidráulicos
TEMPO DE ENDURECIMENTO	PEGA OU CURA LENTA PEGA OU CURA RÁPIDA
FABRICAÇÃO	SIMPLES COMPOSTOS MISTOS COM ADIÇÕES
UTILIZAÇÃO	PASTAS E NATAS ARGAMASSAS
DOSAGEM	MAGROS OU POBRES CHEIOS GORDOS OU RICOS
CONSISTENCIA	PLÁSTICOS RÍGIDOS SECOS FLUIDOS

TABELA 2

PROPRIEDADES DE ENDURECIMENTO DE ALGUNS AGLOMERANTES

<i>Nome</i>	<i>Meio de Endurecimento</i>	$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO}}$	<i>Tempo de Endurecimento</i>
Cal aérea (gorda e magra)	Ar	< 0,1	> 30 d
Cal fracamente hidráulica	Ar e água	0,1 - 0,15	15 - 30 d
Cal medianamente hidráulica	Ar e água	0,15 - 0,30	10 - 15 d
Cal hidráulica	Água	0,30 - 0,40	5 - 10 d
Cal eminentemente hidráulica	Água	0,40 - 0,50	2 - 4 d
Cimento natural de pega lenta	Água	0,50 - 0,65	6 - 24 h
Cimento natural de pega rápida	Água	0,6 - 1,20	6 h

FONTE: Ref. 4

DPI

NOÇÕES SOBRE
AGLOMERANTES MINERAIS

AGOSTO/85

AZ e MCF
4

- EQ/CT -

TABELA 3
 CARACTERÍSTICAS DE AGLÔMERANTES COMERCIAIS
 ASFÁLTICOS

Produtos	Compostos		Processo de Endurecimento	Elasticidade	Ação da Água	Ação de Ácidos	Ação de Alcalis	Uso
	Principais	Secundários						
Cimento asfáltico	Hidrocarbonetos pes.	-	Resfriamento	Plástico	-	-	-	Concretos asfálticos
Asfaltos líquidos	Hidrocarbonetos pes.	Óleos leves. Gasolina	Evaporação do solvente	Plástico	-	-	-	Impermeabilização
Emulsões asfálticas	Hidrocarbonetos pes.	Água	Evaporação do solvente	Plástico	-	-	-	Impermeabilização

AÉREOS

Cal ordinária	Gorda	CaO MgO	-	Ação do CO ₂ do ar	Rígido	Dissolve lentamente	Ataca	Ataca	Revestimentos. Alvenarias
	Magra	CaO MgO	Impurezas	Ação do CO ₂ do ar	Rígido	Resiste à ação das chuvas	Ataca	-	Revestimentos. Alvenarias.
Gesso		CaSO ₄	-	Hidratação	Rígido	Dissolve lentamente, inclusive na chuva	-	Ataca	Revestimentos
Sorel		MgO	MgCl ₂	Ação química	Rígido	Dissolve lentamente, inclusive na chuva	-	-	Pisos

HIDRÁULICOS

Cal pozolânica	Ca(OH) ₂	Pozolana	Ação química	Rígido	-	Ataca	-	-
Cal metalúrgica	Ca(OH) ₂	Escória metalúrgica	Ação química	Rígido	-	Ataca	-	Alvenarias
Cal hidráulica	CaO	Argilas	Hidratação	Rígido	-	Ataca	-	Alvenarias
Cimentos Portland	CaO	Argilas	Hidratação	Rígido	-	Ataca	-	Estruturas. Revestimentos

ESPECIAIS

Furan	Furan	-	Ação química	Plástica	-	Ataca	-	Revestimentos
Fenólico	Fenol	-	Ação química	Plástica	-	Ataca	-	Revestimentos
Epóxi	Poliésteres fenólicos	-	Ação química	Plástica	-	Ataca	-	Revestimentos, reparações de concr.
Enxofres	S	-	Resfriamento	Rígido	-	-	Ataca	Cimentos resist. a ácidos

FONTE: Ref. 4

ASPECTOS DA OBTENÇÃO DE AGLOMERANTES

a) SIMPLES

Nome	Compostos fundamentais	Cozedura	Matérias-primas	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	
				CaO	Solução a 20% de MgCl ₂
1. AÉREOS					
Magnésia Sorel	Magnésia	— —	Oxido e cloreto de magnésio		
Gesso	Sulfato de cálcio	150-190 °C Gesso de Paris 200 °C anidrido 600 °C anidrida insolúvel 1 000 °C gesso de pavimentação (lento)	gipsita		—
Cal cálcica MgO < 20% ou magnésiana MgO > 20%	Cal ou cal e magnésia	Inferior à fusão (800 °C)	Calcário pouco calcário dolomítico		< 0,1
2. HIDRÁULICOS					
Cal hidráulica	Silicatos cálcicos (cal livre)	Abaixo da fusão incipiente	Calcário argiloso		0,1 a 0,5
Cimento de pega rápida	Silicatos e aluminatos de cálcio	Abaixo da fusão incipiente	Calcário argiloso	0,6 a 0,8	0,6 a 0,8
Cimento de pega normal	(sem cal livre)	Fusão incipiente	Calcário argiloso	0,5 a 0,65	0,45 a 0,50
Cimento aluminoso	Aluminato de cálcio	Fusão incompleta Fusão completa	Mistura de calcário e bauxita	Teor de	Al ₂ O ₃ > 30%

* Para este aglomerante não tem sentido a relação de compostos argilosos para os cálcicos.

b) COMPOSTOS

NOME	Hidraulite	Agglomerantes simples
Cal pozolânica	Pozolana	Cal
Cimento pozolânico	Pozolana	Cimento
Cal metalúrgica	escória < 70%	Cal
	escória > 70%	
Agglomerante de escória com cal	escória 10-25%	portland
	escória 25-65%	
Cimento metalúrgico	escória > 65%	portland
	Sulfato de cálcio e escória	

FONTE: REF.3

2. ETAPAS BÁSICAS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

- desmonte da rocha ou mina;
- britagem;
- mistura com aditivos(opcional);
- moagem(opcional);
- homogeneização;
- queima ou cozimento(para desidratar, calcinar ou fundir);
- esfriamento;
- adições finais, moagem e estocagem;
- carregamento de embalagens comerciais.

A Figura 1, na página seguinte, apresenta esquemas simplificados das queimas / nos casos de produção de gesso, cimento portland e cal.

3. MATÉRIAS-PRIMAS

3.1 Essenciais

calcários - carbonatos de cálcio e magnésio(pedreiras, mármore e conchas);

argilas - silicatos de alumínio hidratados;

margas- calcários argilosos;

gipsos - sulfato de cálcio hidratado natural(gipsita);

pozolanas - naturais - terras diatomáceas, rochas contendo minerais de opala ,
tufos e cinzas vulcânicas;

- artificiais - cinzas obtidas pela calcinação conveniente de argilas,
turfas e xistos argilosos, pós e farinhas de vidro ,
materiais cerâmicos e escórias siderúrgicas;

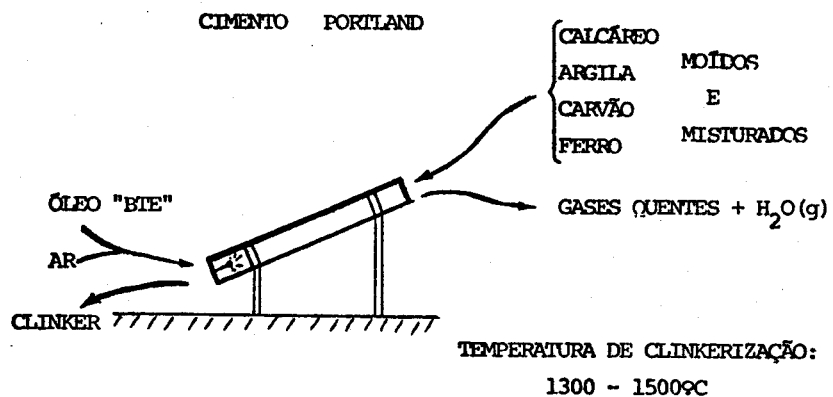
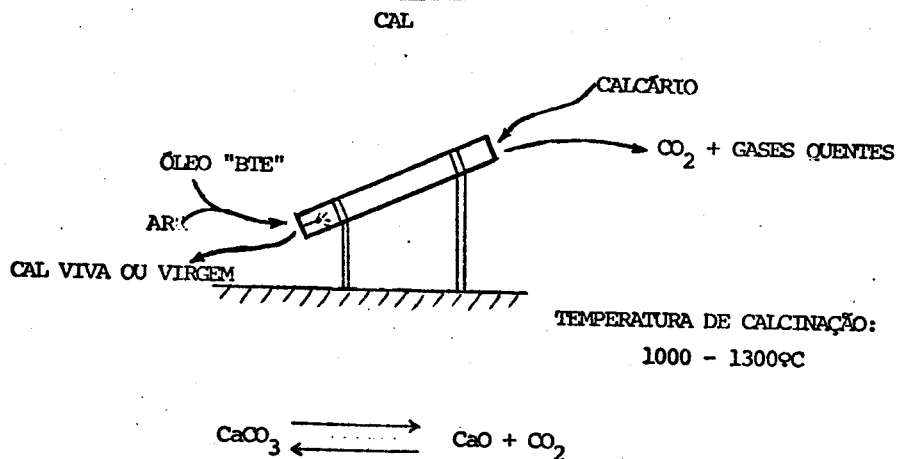
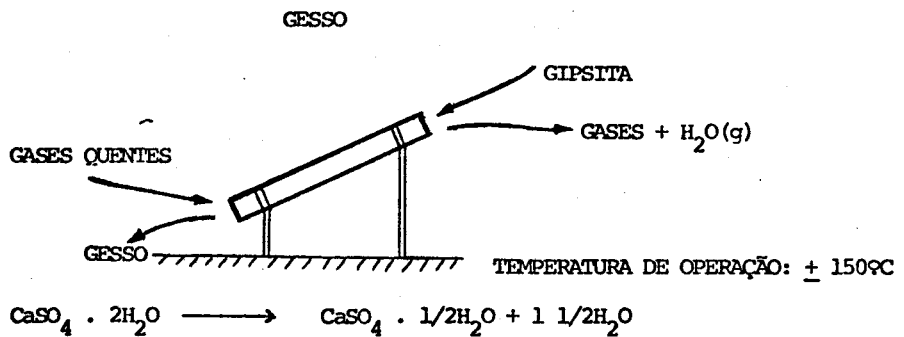
combustíveis - carvões mineral e vegetal, turfa, xisto, óleos, gases naturais.

3.2 Auxiliares

areia e arenito, materiais ferrosos, fluorita, magnesita, gesso - estas e outras substâncias podem servir para regular a condução do processo químico, composição do produto ou suas propriedades finais, como, por exemplo, o tempo de pega.

As matérias-primas podem ser utilizadas no seu estado natural(argilas) ou sofrer tratamentos químicos exemplificados abaixo:

- desidratação parcial ou completa(é o caso dos gessos);
- calcinação até dissociação parcial ou total(cales e cimentos);
- calcinação até clínquerização(cimentos);
- calcinação até fusão(cimentos aluminosos).



Etapas Físico-Químicas

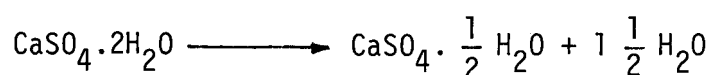
- | | |
|--|-----------------|
| a) Evaporação da água | 100°C |
| b) Desprendimento da água combinada com argila | acima de 500°C |
| c) Decomposição do carbonato de magnésio | acima de 500°C |
| d) Decomposição do carbonato de cálcio | acima de 900°C |
| e) Combinação do cal e dos óxidos da argila | 900 a 1200°C |
| f) Formação do líquido e do cimento | acima de 1200°C |

FIGURA 1 ASPECTOS TÉRMICOS E QUÍMICOS DA PRODUÇÃO DE ALGUNS AGLOMERANTES MINERAIS

4. AGLOMERANTES AÉREOS

4.1 O barro(ou argila) não sofre nenhum processo de tratamento e o seu endurecimento é motivado pela evaporação da água de amassamento, sendo por isto considerado / quimicamente inativo. Quando a umidade é removida por secagem, a argila endurece e adquire grande resistência, readquirindo a plasticidade pela adição de mais água . Seu inconveniente é, que, mesmo depois de endurecida, a argila é instável debaixo / d'água. Os fatores responsáveis pelas características aglomerantes das argilas são os silicatos de alumínio nelas contidos.

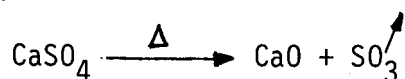
4.2 O gesso é fabricado a partir de rocha de gipsita, após uma britagem, trituração e aquecimento. O sulfato de cálcio hidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, não é um aglomerante. O cozimento industrial executado a temperatura baixas(+ 150°C) produz o hemihidrato:



As pedras cozidas são moídas, e, após mistura com água, formam pastas moldáveis, re constituindo o hidrato cristalino e sólido, memos solúvel em água, e que se separa/ sob a forma de cristais, liberando calor. Este gesso é conhecido como "gesso de Paris, rápido, de estuque", sendo usado em revestimentos e decorações.

Se elevarmos a temperatura do cozimento para 190°C obtem-se a anidrita , que é o sulfato de cálcio anidro, ainda solúvel. Aquecida à temperatura de 400 a 600°C a anidrita torna-se insolúvel e não é mais capaz de dar pega.

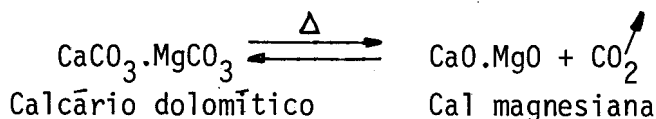
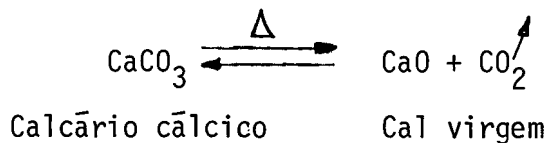
Se aquecermos o gesso até a faixa de 900 a 1200°C, desprende-se o SO_3 e forma-se cal virgem ou viva:



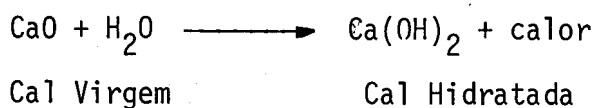
Portanto, um gesso que contenha $\text{CaSO}_4 + \text{CaO}$, resultante de uma calcinação incompleta, em granulometria fina, absorverá água lentamente para reconstituir o dihidrato, e endurecerá também lentamente, absorvendo da atmosfera o CO_2 necessário para formar CaCO_3 (calcário). Este gesso é usado em pavimentação e construção de muros.

4.3 Cales Aéreas - apresentam-se sob diversas denominações e especificações:

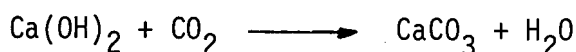
4.3.1 - Cal Virgem ou Viva - é obtida por calcinação do calcário cálcico ou dolomítico com a liberação do dióxido de carbono. Segundo a norma ABNT TB-25/54, é o "material calcinado, cujo constituinte principal é o óxido de cálcio ou este associado com uma quantidade menor de óxido de magnésio, capaz de extinção com água".



4.3.2 - Cal Hidratada ou Extinta - é o pó seco obtido pelo tratamento / da cal virgem com água suficiente para satisfazer sua afinidade química, cujo constituinte principal é o hidróxido de cálcio ou uma mistura deste com óxido / magnésio e hidróxido de magnésio.



A pasta de cal hidratada pode combinar-se com o CO_2 do ar e transformar-se num material duro:



Esta reação só ocorre ao ar, sendo que o carbonato formado na superfície / dificulta a carbonatação do resto da massa. Daí o uso de areia para tornar a cal extinta mais porosa e diminuir a retração (é empregada para ligar pedras de construção civil); com este fim, ministram-se três partes de areia com uma de cal. As reações formadas entre o Ca(OH)_2 e o SiO_2 e os compostos de argila / existentes são de natureza cementífera. Conclusão: O processo de endurecimento das pastas e argamassas de cal é resultado de sua secagem e combinação com o CO_2 do ar.

4.4 Magnésia ou Cimento Sorel é o aglomerante preparado pela mistura de magnésia / calcinada (MgO) com uma solução concentrada de cloreto de magnésio ($MgCl_2$), que resulta em um oxidocloreto.

Sobre a pega e o endurecimento do Cimento Sorel, acredita-se que a pasta endurecida seja composta de cristais laminares de $Mg(OH)_2$ e agulhas ou fibras de $Mg_2(OH)_3 Cl \cdot 4H_2O$. A formação do hidroxidocloreto de magnésio é reversível e em contato com a água, decompõe-se lentamente, dissolvendo o cloreto de magnésio e deixando um resíduo de hidróxido de magnésio e seus complexos. Por essa razão o Cimento Sorel é um aglomerante aéreo. Esse cimento não é utilizado no Brasil, não existindo, portanto, especificações ou métodos padronizados pela ABNT.

A magnésia é obtida pela descarbonatação (calcinação) da magnesita ($MgCO_3$, que contém traços de Fe_2CO_3 e FeO), que é paralizada após a expulsão total do CO_2 , porém sem chegar à sinterização, resultando um produto muito ativo. Esta reatividade se perde pelo envelhecimento, sobretudo em presença de umidade formando-se o hidróxido correspondente. Logo, a magnésia deve ser usada logo depois de preparada e seu armazenamento deve evitar a umidade.

O cloreto de magnésio é obtido da carnalita (cloreto duplo de magnésio e potássio).

O endurecimento ou pega do Cimento Sorel e suas características finais dependem das quantidades de MgO e $MgCl_2$ utilizadas e da quantidade de água empregada para preparar a solução. Não há explicação precisa sobre o fenômeno de pega do Cimento Sorel. Sua pega ocorre num tempo inferior a 24 horas, dependendo das proporções dos componentes e endurece completamente antes de quatro meses. O material é especialmente duro e resiste muito bem à abrasão. Sofre, entretanto, a ação da água, deteriorando-se quando repetidamente molhado.

- EQ/CT -

5. AGLOMERANTES HIDRÁULICOS

5.1 Cales Hidráulicas-são normalmente obtidas por tratamento térmico, em temperaturas inferiores à de fusão, de rochas calcário-argilosas que, além do carbonato de cálcio e de um pouco de carbonato de magnésio, contêm quantidades variáveis de componentes argilosos responsáveis pelos teores de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 observados. O tratamento térmico do calcário argiloso produz CaO , como na cal aérea, que se combina em parte com os componentes argilosos, formando silicatos e aluminatos de cálcio. O restante do CaO permanece livre resultando em um produto que é composto de uma mistura de cal aérea com silicatos e aluminatos de cálcio, esses últimos responsáveis pelas propriedades hidráulicas obtidas. A cal hidráulica, depois de extinta e misturada com água, pode absorver também CO_2 , porém a causa imediata de seu endurecimento é a hidratação dos compostos com propriedades hidráulicas.

Como as propriedades hidráulicas da cal se devem à formação de silicatos e aluminatos de cálcio cristalinos, essas serão tão maiores quanto maior for a relação / (componentes argilosos)/(cal), já que aumentando-se a percentagem de SiO_2 e Al_2O_3 tem-se uma menor quantidade de CaO livre após a calcinação e consequentemente uma maior proporção dos compostos com propriedades hidráulicas. Em função dessa constatação, as cales são definidas, segundo PETRUCCI, através de um índice de hidraulicidade, medido pelo quociente $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)/(\text{CaO})$, como cales fracamente, medianamente, francamente ou eminentemente hidráulicas. O índice de hidraulicidade, que também é medido pelo quociente $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)/(\text{CaO})$, varia para as cales hidráulicas entre 0,1 e 0,5. Quando essa relação situa-se na faixa de 0,5 a 0,6 tem-se as cales-limites; as pastas obtidas com as cales-limites não são adequadas para uso em construção pois o acesso de água à cal livre é lento e geralmente/ após o endurecimento tem-se a hidratação de moléculas de CaO ocluídas pela massa / de silicatos e aluminatos, provocando expansão e fissuras na massa. Por esses motivos as cales com composição tal que gere um índice da hidraulicidade entre 0,5 e 0,6 não são utilizadas. Quando o índice de hidraulicidade é superior a 0,6 tem-se um produto após a calcinação praticamente isento de cal livre, sendo que na realidade pequenas quantidades são sempre obtidas devido a heterogeneidades na rocha ou a deficiências no processo da calcinação. A partir desta situação dei-

xa-se de ter uma cal hidráulica e sim um cimento natural.

5.2 Cimentos Naturais são geralmente obtidos por calcinação de calcários com teores de argila da ordem de 25%. Em função da temperatura de calcinação pode-se obter um cimento natural de pega rápida, também chamado de cimento romano, ou um cimento natural de pega lenta. A rapidez de pega dos cimentos naturais é atribuída à formação de aluminato de cálcio que se dá preferencialmente em temperaturas mais baixas. Dessa forma, a calcinação de calcários argilosos, com um índice de hidraulicidade geralmente entre 0,6 e 0,8, em temperaturas inferiores à do início de fusão, normalmente em torno de 1000°C, gera um cimento de pega rápida, enquanto que, com o tratamento térmico em torno de 1400°C obtém-se cimentos de pega mais lenta.

Os cimentos naturais tem seu emprego limitado a obras de pequena importância / em função de sua resistência ser geralmente baixa e bastante variável, normalmente devido a problemas de heterogeneidade de composição do calcário de origem. No Brasil este tipo de aglomerante não é utilizado, não havendo também especificações ou métodos de ensaios padronizados pela ABNT para controle dos cimentos naturais.

5.3 Cimentos Artificiais - A heterogeneidade dos cimentos naturais, traduzida pela irregularidade de composição das rochas de origem, pode ser contornada pela mistura íntima, em proporções adequadas, de materiais calcários e argilosos previamente moídos. Nessas condições obtém-se uma mistura de duas ou mais matérias-primas em seu estado pulverulento que, após calcinação em temperatura adequada, fornecerá um produto, cimento artificial, de composição bastante regular e com propriedades / mais uniformes. Dentre os cimentos artificiais o mais importante é, sem dúvida, o cimento Portland, empregado mundialmente. Seu endurecimento depende da água adicionada, que liga mutuamente os silicatos, aluminatos e ferritos com o ácido silícico de areia formando colóides hidratados muito resistentes. A água só pode ser expulsa em temperaturas muito elevadas, provocando a perda da solidez do cimento, conforme ocorre nos incêndios em construções de concreto armado.

- EQ/CT -

DPI

NOÇÕES SOBRE
AGLOMERANTES MINERAIS

AGOSTO/85

AZ e MCF
13

6. ADITIVOS E ADIÇÕES ATIVAS

6.1 Aditivos - são produtos introduzidos nos concretos e argamassas para modificar suas propriedades por ação física ou química, visando atender a certas condições específicas da produção e utilização de concretos. Os principais tipos são:

- a - redutores de água ou plastificantes;
- b - modificadores de pega: aceleradores e retardadores;
- c - incorporadores de ar.

6.2 Adições Ativas - incluem os materiais que substituem parcialmente o clínquer ou cimento Portland, abrangendo aqueles com propriedades cementíferas (escórias de alto forno) e pozolânicas (pozolanas).

6.3 Escórias - consistem de sub-produtos resultantes de processos metalúrgicos de tratamento de minérios. A mais conhecida, e quantitativamente mais importante, é a escória de alto forno siderúrgico, produzida em estado líquido altamente viscoso, na faixa de temperaturas 1350 a 1550°C. É composta de ganga (resíduos ou constituintes secundários do minério de ferro), cinzas da combustão de coque e fundentes e outros materiais (traços do material refratário, etc). Seus principais componentes químicos são SiO_2 , Al_2O_3 , CaO e MgO que conferem propriedades hidráulicas à escória de alto forno. Seus produtos de hidratação são formados com geração de calor, além de apresentarem estrutura semelhante aos produtos de hidratação do cimento portland. Os cimentos de escórias de alto forno com teores destas variando de 35 a 90 %, enquadram-se geralmente nas classes de resistência mecânica a 28 dias semelhantes as do CPC e suas especificações encontram-se na norma ABNT EB-208/74.

6.4 Pozolanas - sua utilização data desde os tempos da Antiguidade, em que gregos e romanos usavam misturas de tufo vulcânicos com cal e água, e vem sendo empregadas crescentemente em argamassas e concretos. As principais vantagens do uso de misturas de pozolanas e cimento portland são: inibição da reação álcalis-agregado; aumento da resistência do concreto ao ataque por águas naturais, especialmente as ricas em sulfatos; a redução do calor de hidratação, vantajosa em grandes estruturas; a melhoria da trabalhabilidade do concreto; diminuição da tendência a segregação e exsudação de água, assim como a redução da sedimentação de partículas pesadas.

Algumas desvantagens do uso das pozolanas são: obtenção de resistências menores do concreto em menores idades (tempos de endurecimento); aumento da porcentagem de água com consequentes aumentos da retração por secagem e menor resistência ao congelamento e descongelamento, mas que não chegam a comprometer o crescente uso das pozolanas.

As definições apresentadas na literatura técnica caracterizam as pozolanas como materiais silicosos, sílico-aluminosos e até ferruginosos, em função dos óxidos formadores responsáveis pela atividade pozolânica. A ABNT inclui em suas definições as classes de compostos, cujas conceituações se aproximam de classificações mineralógicas, normalmente usados como pozolanas, sem estabelecer limites rígidos sobre sua natureza, prevendo, dessa forma, a utilização de uma grande variedade de compostos.

As pozolanas naturais apresentam atividade pozolânica em seu estado natural, necessitando, geralmente, apenas de uma moagem para o seu uso. Os componentes pozolanicamente ativos das naturais são: vidro vulcânico; opala; argilas caulínicas, montmoriloníticas, ilíticas e micas hidratadas; argilas de camadas mistas e com vermiculita; argilas paligorsquíticas; zeólitas e hidróxidos de alumínio.

As pozolanas artificiais abrangem cinzas volantes de caldeiras e usinas termoeletricas ("fly-ashes"), cinzas de coque e xistos oleígenos, bem como tijolos ou telhas, e mesmo vidro moído. Sobre argilas ou folhelhos calcinados, ou de forma mais abrangente, com relação a materiais naturais calcinados para obtenção do máximo de sua atividade pozolânica, não existe um consenso único para sua classificação, pois alguns os consideram naturais e outros como artificiais. Quanto à utilização de resíduos de combustão ou pirólise de xistos oleígenos, sabe-se que o desenvolvimento da atividade pozolânica nestes materiais é dependente do grau ou extensão da alteração térmica que sofrem os argilominerais presentes (Ver Ref. 2).

6.5 Fluxos ou Fundentes - são substâncias que diminuem a temperatura do primeiro aparecimento da fase líquida durante a queima ou fusão de uma mistura sólida. Óxidos de ferro contidos em minérios e sucatas são usados na produção de cimento portland comum. Os óxidos ou compostos minoritários, também designados por impurezas ou traços, podem atuar como fundentes na produção de cimento; é o caso do MgO , SO_3 , Na_2O e K_2O . Na indústria cerâmica, são usados em pequenas quantidades os minerais da Tabela 5.

DPI

NOÇÕES SOBRE
AGLOMERANTES MINERAIS

AGOSTO/85

AZ e MCF
15

TABELA 5

NOME	COMPOSIÇÃO
MINERAIS DE LÍTIO	
Espodumênio	$\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}$
Lepidolita	$\text{LiKAl}_2\text{F}_2\text{Si}_3\text{O}_9$
Ambigonita	$\text{Li}_2\text{F}_2\text{Al}_2\text{P}_2\text{O}_8$
Petalita	$\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$
MINERAIS DE BÁRIO	
Barita	BaSO_4
Viterita ("whiterite")	BaCO_3
MINERAL DE FLUOR	
Fluorita	CaF_2
MINERAL DE FÓSFORO	
Apatita	$\text{Ca}_5(\text{Cl},\text{F})(\text{PO}_4)_3$

FONTE: REF. 6

6.6 Mineralizadores - são substâncias que aceleram ou retardam a taxa de reação entre fases líquidas, ou na interface sólido-líquido. Os compostos de enxofre, sob a forma de sulfatos e sulfetos, etc, exercem esta ação.

6.7 Ativadores - são compostos que modificam a reatividade dos compostos de clínquer da fabricação de cimento, através da geração de defeitos estruturais em sua formação cristalográfica, o que, geralmente, aumenta suas propriedades hidráulicas. Os compostos minoritários, mencionados anteriormente, exercem esta ação.

7. PARÂMETROS DE FABRICAÇÃO DOS AGLOMERANTES

Para caracterizar ou controlar a qualidade de produtos químicos industriais, também podemos empregar grupos adimensionais específicos de natureza química e física.

Dependendo das impurezas contidas nas matérias-primas e/ou aditivos acrescentados nos processos de queima, podemos obter produtos aéreos ou hidráulicos caracterizados pelos parâmetros abaixo (ou seus inversos).

$$\text{Módulo hidráulico: } MH = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{[\text{cal}]}{[\text{argila}]}$$

$$\text{Módulo de sílica ou silicato: } MS = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Módulo argila(ou ferro alumina): } MAF = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Poder hidráulico da escória: } PH = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$$

Nos Fenômenos de Transporte os grupos adimensionais surgem da adimensionalização das equações de balanço de massa, movimento e energia. Nos Fenômenos Químicos / Industriais os grupos adimensionais surgem das equações estequiométricas e das composições das matérias-primas, aditivos, dos produtos e dos sub-produtos das reações químicas envolvidas, sendo imprescindível considerar as impurezas dos reagentes que podem entrar na composição das substâncias resultantes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MORRIS, V.N.; WEIDNER, C.L. e LANDAU, N. St.
"Adhesives" em " Encyclopedia of Chemical Technology "
The Interscience Encyclopedia, Inc., New York, 1947.
2. FONSECA, MARCUS CARVALHO
" Estudo da pozolanicidade do xisto pirolisado "
Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.
3. PETRUCCI, ELADIO G.R.
" Materiais de Construção "
Editora Globo, Porto Alegre, 1978.
4. BAUER, L.A. FALCÃO
" Materiais de Construção "
Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro, 1979.
5. VOROBIEV, V.
" Matériaux de Construction "
Éditions MIR, Moscou, 1967.
6. NORTON, F.H.
" Introdução à Tecnologia Cerâmica "
Ed. Edgard Blücher/EDUSP, São Paulo, 1973.
7. PHILLIPS, RALPH W.
" La Ciencia de los Materiales Dentales "; Septima Edicion "
Interamericana, Mexico, 1976.

- EQ/CT -