

## **Aula 00 - Prof. Jonas Vale**

*PEFOCE (Perito Criminal - Engenheiro  
Civil) Edificações, Saneamento e  
Estradas*

Autor:

**Diego Carvalho, Equipe AFO e  
Direito Financeiro Estratégia  
Concursos, Equipe Direito  
Administrativo, Equipe Informática  
e TI, Equipe Jonas Vale, Herbert**

**Almeida, Jonas Vale Lara,  
Leonardo Hotta, Luciana de Paula**

**Marinho, Mara Guimaraes**

<b>APRESENTAÇÃO E CRONOGRAMA DO CURSO .....</b>	<b>4</b>
<b>Controle Tecnológico do Concreto - Parte I.....</b>	<b>7</b>
<i>Introdução .....</i>	<i>7</i>
<i>Por que usar o concreto?.....</i>	<i>7</i>
<i>Componentes do concreto .....</i>	<i>8</i>
<i>Cimentos.....</i>	<i>16</i>
<i>Hidratação do cimento .....</i>	<i>19</i>
<i>O cimento em ambientes agressivos.....</i>	<i>22</i>
<i>Finura do cimento.....</i>	<i>28</i>
<i>Tempo de pega .....</i>	<i>33</i>
<i>Principais adições minerais ao cimento.....</i>	<i>45</i>
<i>Tipos de cimento.....</i>	<i>51</i>
<i>Cimentos especiais.....</i>	<i>57</i>
<i>Agregados .....</i>	<i>65</i>
<i>Massa específica.....</i>	<i>66</i>
<i>Capacidade de absorção de umidade.....</i>	<i>72</i>
<i>Resistência a compressão e módulo de elasticidade.....</i>	<i>73</i>
<i>Granulometria .....</i>	<i>73</i>
<i>Forma do agregado e textura.....</i>	<i>79</i>
<i>Compacidade .....</i>	<i>79</i>
<i>Substâncias prejudiciais.....</i>	<i>85</i>
<i>Agregados de lavagem de cimento fresco.....</i>	<i>86</i>
<i>Inchamento de agregados.....</i>	<i>91</i>
<i>Massa específica do concreto .....</i>	<i>97</i>



Lista de questões .....	99
Referências bibliográficas .....	120
Considerações Finais das Aulas .....	121
GABARITO .....	122



*Ao final dessa aula, você terminará a preparação de fundações, conhecendo profundamente uma das principais áreas da engenharia. Tenha disciplina nos estudos, planeje, revise o conteúdo e confie em você. Você concurseiro tem uma dignidade muito grande e, com muito estudos, merece muito mais do que passar em grandes concursos! Parabéns por ter chegado até aqui!*



## APRESENTAÇÃO E CRONOGRAMA DO CURSO

Olá, amigo do Estratégia Concursos, tudo bem?

É um prazer iniciar essa jornada com você nesse curso de Engenharia Civil focado em concursos de alto nível do país. Faremos uma breve apresentação de nossas origens:

**-Jonas Vale Lara:** Sou engenheiro do Tribunal de Contas do estado de Minas Gerais, tendo sido aprovado em 1º lugar no concurso de 2018. Tenho formação em engenharia civil na UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e fiz mestrado em Saneamento. Atuei em obras no Brasil e no exterior e sou um apaixonado por esportes e natureza.

**-Lineker Max Goulart Coelho:** Sou Professor do CEFET-MG, fui aprovado em 4 concursos na área de engenharia e em 4 concursos para professor em instituições superiores federais. Formei em engenharia civil na UFMG, e fui agraciado com a medalha de ouro dos formandos de 2011. Além disso, atuei em obras de grande porte na parte de projetos, tendo especialização em engenharia de estruturas e fiz mestrado e doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Buscamos fazer um material objetivo e fácil de ler, para que você não só aprenda o que tem em cada apostila, mas também para que goste de ler todas as páginas. Afinal, o estudo é um parceiro seu, e não um inimigo. Queremos que qualquer pessoa possa ser um grande engenheiro dos concursos, de forma que esse curso seja um trampolim para uma vida muito melhor.

A sociedade espera muito de você! Sabia que o conhecimento que passamos é muito melhor do que você viu na universidade e, no final, você vai concluir que fez uma pós-graduação de altíssimo nível. Você estará acima de outros engenheiros que não fizeram esse curso, pois o diploma não significa nada na hora da prova. O que conta é a preparação para o concurso; é cada página que você terá lido e entendido que resultará no resultado final em um concurso.

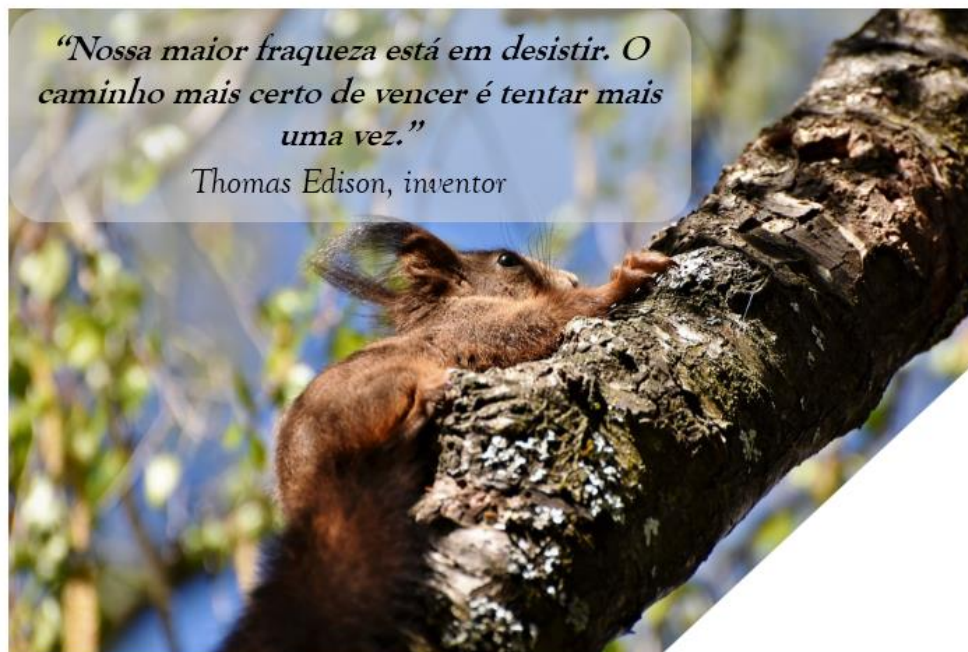
Lembre-se: não há conhecimento já produzido que seja impossível de entender!

Quando a matéria parecer cansativa, dê um tempo ao seu cérebro, tente andar um pouco no local onde você está, pense em outras coisas, fazendo uma pausa de uns 5 minutos. Depois retorne para os estudos, que já estará com a cabeça mais fresca.



## Mãos à obra rumo ao sucesso?





Um grande abraço,

Jonas e Lineker

Para **tirar dúvidas**, não perca tempo, acesse nosso fórum de dúvidas! Buscaremos responder com o máximo de clareza e rapidez!

# CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO - PARTE I

## INTRODUÇÃO

A principal matéria de engenharia civil é o estudo do concreto armado, por ser a área com maior aplicação no dia a dia. Para se ter uma ideia, o consumo mundial total de concreto é de mais de uma tonelada por habitante no planeta.

Quanto ao custo, o concreto é também o item mais significante em uma construção. Quando se vai auditar uma obra de edificação, um dos principais itens a se verificar é o concreto, o aço e a forma, devido ao valor que se despende na execução de cada um, todos eles ligados ao concreto. Vamos então aprender a lidar com esse material, saber quando e como aplicá-lo?

### Por que usar o concreto?

O concreto apresenta uma série de vantagens para explicar sua grande disseminação na sociedade. Começemos pelas **fontes naturais** de seus constituintes, tais como pedra e areia, disponíveis em qualquer lugar por meio de jazidas e muitas vezes a **baixo custo**.

Diferentemente do aço e da madeira, o concreto é muito **resistente a ação da água**. Sendo assim, podemos aplica-lo em canais hidráulicos, estações de tratamento de efluentes e em reservatórios. Até mesmo em fundações expostas a água como estacas abaixo do nível freático, podemos empregá-lo.

O concreto parece uma rocha, não é verdade? De fato, ele é tão **duro** que lembra uma rocha, além da grande **resistência ao fogo**. Porém, isso não significa que se trate de um material imune a qualquer agente agressivo, como veremos posteriormente. A dureza e resistência do concreto contrastam com suas propriedades no **estado fresco**, quando ele assume **o volume da fôrma** que lhe contiver. Essa última propriedade é, aliás, uma grande vantagem, pois nos permite concretar peças de praticamente qualquer tamanho e forma. Com o tempo, o concreto endurece, nos permitindo remover essas fôrmas e aproveitá-las em outra obra.

Mas o que é o concreto armado ou concreto estrutural?

É um material **composto**, ou seja, é uma combinação de dois ou mais materiais, que no caso do concreto armado são: **concreto simples** e **aço**. Mas por que unirmos materiais tão diferentes quanto o concreto e o aço?

Bom, o concreto possui as vantagens que enumeramos anteriormente, mas uma em especial contribui mais ainda para sua importância: a **resistência a compressão**, geralmente entre 20 e 40 MPa. Como os esforços a compressão são muito comuns em edificações, vimos isso por exemplo em fundações, a resistência a compressão torna-se uma variável imprescindível para atestar a viabilidade de um material em construção. Contudo, não há apenas esforços de compressão em





edificações e uma **fraqueza** do concreto está no lado oposto: a **resistência a tração**, que geralmente é **apenas 10%** da resistência a compressão.

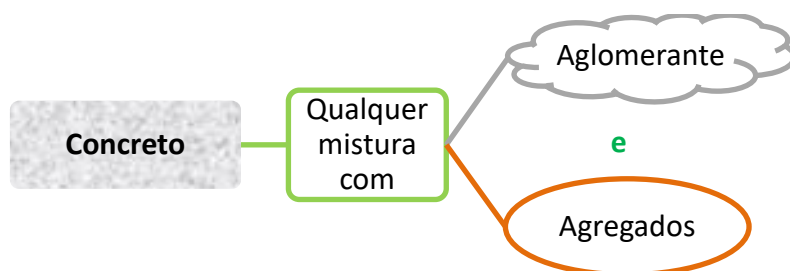
Como então reduzir essa desvantagem do concreto? Basta **adicionarmos aço**, formando então o concreto armado, pois o aço possui alta resistência não só a compressão, mas também a **tração**. Para se ter uma ideia, a resistência ao escoamento do aço é de cerca de 500 a 600 MPa, mais de 10 vezes a resistência do concreto. Um exemplo são as **vigas** em **concreto armado**, que, devido à presença do aço, conseguem vencer **vãos** de até **12 metros**.

Contudo o aço é mais caro no Brasil do que o concreto, então adicionamos aço apenas para reforçar o comportamento do concreto no momento em que este não consegue resistir bem aos esforços solicitantes, principalmente de tração. Porém, isso não significa que esse aço adicionado não ajudará o concreto na resistência a esforços mesmo que pequenos de tração ou compressão. Basicamente, a partir do momento em que esses materiais estão juntos, eles passam a resistir conjuntamente aos esforços. Na prática, a norma estipula uma quantidade mínima de armação para redução de microfissuras no concreto como veremos posteriormente.

Veremos que essa baixa resistência a tração do concreto explicará muitos dos seus problemas de durabilidade em situações particulares, que ocorrem devido a fissuras que surgem na massa concretada.

## COMPONENTES DO CONCRETO

Qualquer mistura produzida a partir de um meio aglomerante com partículas ou fragmentos de **agregados imersos** é um **concreto**. Por aglomerante, entendemos um material que forma um meio ligante, ou seja, que une todos os outros materiais dessa mistura, dando a ela coesão. O concreto simples, por exemplo, é uma mistura de aglomerante (geralmente o cimento), agregado miúdo e graúdo, água e, eventualmente, aditivo.



**Figura 1: constituintes básicos do concreto**

Um aglomerante nada mais é do que um material que possui **propriedades ligantes**, fixando ou aglomerando outros materiais, tais como areia e brita, formando um **produto resistente**. O **aglomerante mais antigo do mundo** é a **cal aérea**, presente já nas juntas dos blocos das pirâmides do Egito e na Grande Muralha da China.



Geralmente os aglomerantes são materiais **pulverulentos** (finos como o pó), podendo ser **divididos** de acordo com o processo de endurecimento que desenvolvem, chamado de **pega**. Assim, teríamos a subdivisão em 2 tipos:

- **Aéreos**: aglomerante que desenvolve propriedades ligantes ao **reagir com o CO<sub>2</sub>** no ar. Têm-se como exemplos a **cal virgem** (CaO), também chamada de **cal aérea**, e a **cal hidratada**, que é uma combinação de cal virgem com água, formando o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>). Embora a cal hidratada inclua em sua formação uma reação com a água, a sua propriedade de aglomerante também se desenvolve ao reagir com o CO<sub>2</sub> do ar.
- **Hidráulicos**: aglomerante que tem suas propriedades ativadas ao **reagir com a água**, ou seja, trata-se de um processo de **hidratação**, cujo **produto é resistente a ação da água**. Os principais materiais são **cal hidráulica** e o **cimento Portland**, que é o **aglomerante do concreto**.

Dentre os aglomerantes, o **gesso** é um material que desenvolve propriedades ligantes ao reagir com a água, porém se diferencia por formar um produto não estável em ambientes com água. Por isso, dizemos tratar-se de um **aglomerante não-hidráulico**. Como o gesso também desenvolve propriedades aglomerantes ao reagir com o CO<sub>2</sub>, também classificamos o gesso como um aglomerante **aéreo**. O gesso, analogamente ao cimento, desenvolve **boa resistência a compressão**, porém muito **limitada** resistência à **tração** e à **flexão**.



**TOME NOTA!**

O processo de **hidratação da cal** é denominado **extinção**. Chamamos o hidróxido resultante dessa extinção de cal extinta ou hidratada.

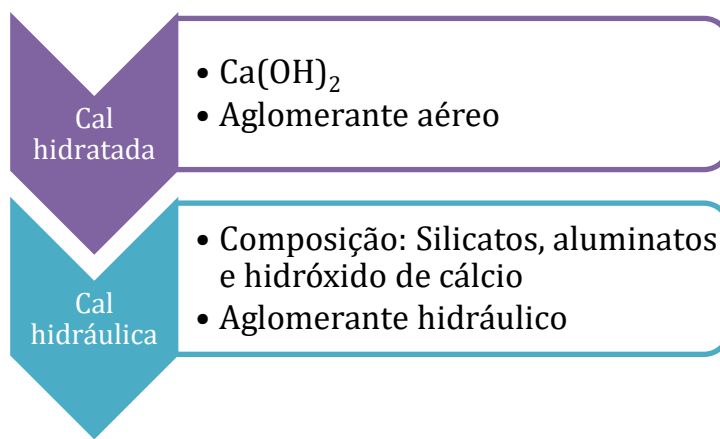
A **cal hidratada**, muitas vezes chamada **cal extinta** ou **hidróxido de cálcio**, ganha resistência em contato com o ar e possui a fórmula química **Ca(OH)<sub>2</sub>**, sendo um aglomerante **aéreo**. Já a **cal hidráulica** é um produto industrial constituído por **uma mistura de rochas calcárias com materiais argilosos**. Como resultado, sua composição caracteriza-se por silicatos e aluminatos de cálcio, que **endurecem** ao se hidratarem, ou seja, ao reagir com a água.

Embora utilizemos o nome cal extinta para designar a cal hidratada, podemos dizer que a cal hidráulica também sofre extinção, mas em pequena quantidade. O motivo é que a cal hidráulica, além de silicatos e aluminatos de cálcio, possui ainda teor de cal livre em torno de 10%, o que tornaria a cal hidráulica um material expansível. Então, para se evitar futuras expansões na cal hidráulica, adiciona-se um baixo teor de água, mas em quantidade suficiente para hidratar essa cal livre, tornando a mistura mais estável.





A cal desenvolve resistências menores que as do cimento e maior capacidade de se deformar, sendo, por isso, utilizada predominantemente em argamassas, possuindo já uma menor aplicação em concretos. As argamassas têm normalmente a função de acomodação e distribuição dos esforços solicitantes, enquanto que os concretos possuem função estrutural, ou seja, vão resistir aos esforços como uma estrutura, sendo exemplos de esforços as cargas sobre o concreto e o vento. Veremos posteriormente argamassas e concretos em mais detalhes, portanto não se preocupe nesse momento com suas características.



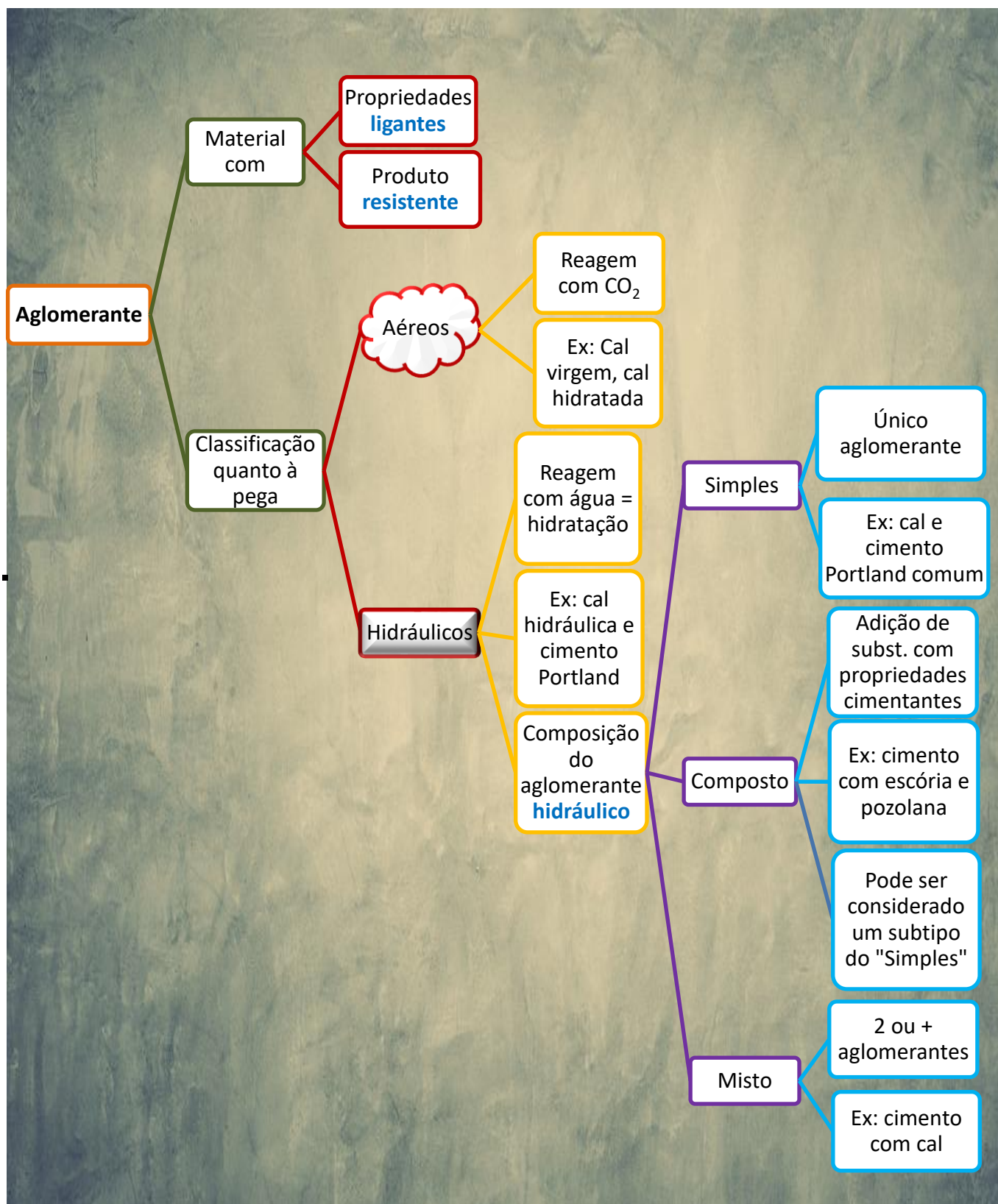
Caso o **aglomerante** não seja misturado a nenhuma outra substância também aglomerante, dizemos tratar-se de **aglomerante simples**, sendo a **cal** e o **gesso** exemplos. De acordo com essa classificação, as adições de outras substâncias a um aglomerante simples são possíveis quando pequenas e para se regular o seu endurecimento (chamado “pega”).

Se **misturarmos substâncias** que não sejam propriamente aglomerantes, mas que ainda possuam alguma propriedade **cimentante**, teremos um **aglomerante composto**. Frequentemente essas substâncias adicionadas são subprodutos industriais. Veremos posteriormente que a **adição** de **escória** e **pozolana** ao **cimento** tornam a mistura um aglomerante composto.

Um produto de mercado que é um exemplo de aglomerante composto é o cimento Portland pozolânico, que é uma mistura de cimento (aglomerante simples) mais a pozolana. Perceba que o aglomerante composto ainda possui apenas um aglomerante simples em sua composição; por isso alguns autores dizem que se trata de um **subtipo do aglomerante simples**.

Por fim, quando tivermos a **mistura de dois ou mais aglomerantes simples**, nesse caso teremos um **aglomerante misto**, por exemplo, o uso combinado de cimento com cal.





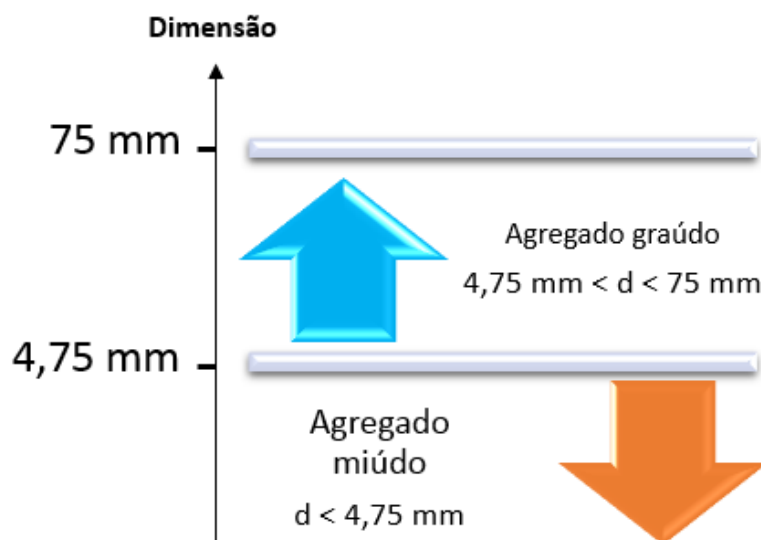


Mas o que são **agregados**?

Pela NBR 7211, são materiais **sólidos, inertes, duros, limpos**, que **não interferem nas reações** que os **aglomerantes** terão no concreto e, quando requerido, não interferem no aspecto visual do concreto. Praticamente, dividimos os agregados **por tamanho** nos **dois tipos** a seguir:

- **Miúdos**: são aqueles sólidos com dimensão **menor que 4,75 mm**
- **Graúdos**: são os sólidos com dimensão **maior que 4,75 mm e menor que 75 mm**

Como estamos falando de concreto convencional, não faz sentido pensarmos em agregados maiores do que 75 mm, por isso, a norma não especifica um tipo para essas dimensões grandes. Ok? Na verdade, existe ainda o concreto ciclópico, que se caracteriza por agregados maiores ainda, as chamadas pedras de mão, comum em obras de contenção ou barragens, que depois abordaremos por ter também algumas particularidades.



**Figura 2: classificação dos agregados para concreto**

Você sabe o que é uma **pasta**? É uma mistura de um **aglomerante hidráulico com água**, como, por exemplo, a pasta de cimento. Se **adicionarmos agregado miúdo** como areia à pasta, denominaremos essa mistura de **argamassa**. Assim, uma mistura de água, cimento e areia é chamada de argamassa de cimento. Por fim, caso **acrescentemos agregado graúdo** à argamassa, como a brita, então estaremos falando do **concreto simples**.

Alguns autores consideram que, no concreto fresco, a **pasta, somada** a eventuais **espaços cheios de ar** presentes no material, são denominados de **matriz**.



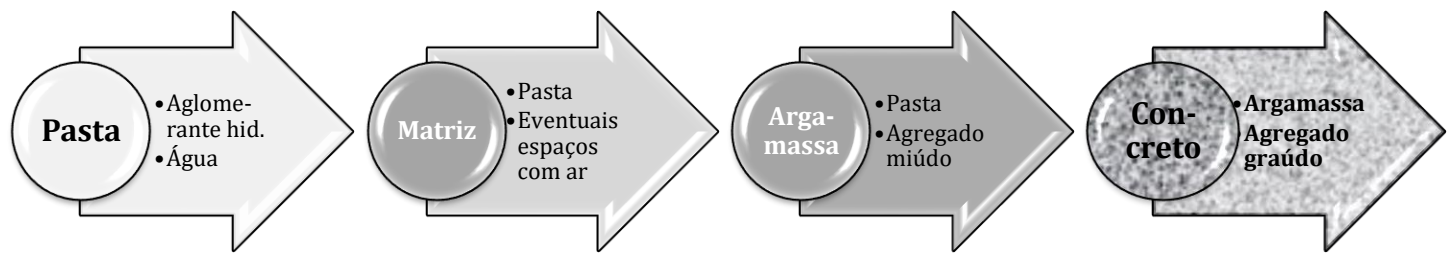


Figura 3: composição da pasta, argamassa e concreto



#### INSTITUTO AOCPE/2015/EBSERH/Eng. Civil/HC-UFG

Qual dos aglomerantes a seguir é definido como aglomerante hidráulico simples?

- Gesso resultante da calcinação da gipsita que é encontrada em depósitos artificiais.
- Cimento Portland Comum constituído de sulfato de cálcio e silicatos.
- Cimento Portland Comum constituído de silicatos e aluminatos de cálcio.
- Cal aérea obtida do calcário com teor desprezível de argila.
- Gesso resultante da calcinação da gipsita que é encontrada em depósitos naturais.

**Comentários:** Analisemos cada uma das alternativas:

- Vimos que o gesso é um aglomerante aéreo e também não-hidráulico, ao contrário do que pede a questão. Item errado.
- O sulfato de cálcio é o gesso. Logo, caso tenhamos cimento e gesso, estaremos falando de um aglomerante misto, não sendo do tipo simples, que é o pedido no enunciado. Errado.
- Correto, o cimento Portland comum com apenas silicatos e aluminatos é um aglomerante hidráulico do tipo simples.
- A cal aérea é um aglomerante aéreo, e não, hidráulico. Errado.
- O gesso é um aglomerante aéreo e também não-hidráulico, como visto também na alternativa "a". Item errado.

**Gabarito:** "c".

**A questão a seguir é para fixação do conteúdo.**





## IESES - 2016 - BAHIA GÁS - Técnico de Processos Tecnológicos

Aglomerantes são materiais ligantes, geralmente pulverulentos, que promovem a união entre os grãos dos agregados. Os aglomerantes são utilizados na obtenção de pastas, argamassas e concretos. Faça correspondência entre a coluna superior e inferior assinalando a alternativa correspondente à aglomerantes hidráulicos.

I. Compostos

II. Simples

III. Aéreo

IV. Misto

( ) São aglomerantes que reagem em presença de água. São constituídos de um único aglomerante, podendo ser misturados a outras substâncias, em pequenas quantidades, com a finalidade de regular sua pega. Exemplo: CPC – Cimento Portland Comum.

( ) São aglomerantes simples, porém, misturados com produtos tais como a Pozolana, Escórias, etc. Exemplo: CPZ - Cimento Portlan Pozolânico.

( ) É a mistura de dois ou mais aglomerantes simples. Exemplo: Cimento + cal.

( ) Endurecem pela ação química ao CO<sub>2</sub> do ar. Exemplo: Cal Aérea.

a) II, III, I e IV.

b) I, II, IV e III.

c) II, I, IV e III.

d) IV, I, II e III.

e) II, I, III e IV.

**Comentários:** vejamos cada definição:

- I. Aglomerantes compostos (I) são misturados com outras substâncias com propriedades cimentantes, geralmente subprodutos industriais de baixo custo, tais como pozolana e escória. Podem ainda ser considerados um subtipo do aglomerante simples. Portanto, trata-se da segunda alternativa, ficando a numeração da forma   , I,   ,
- II. Aglomerantes simples (II) são aqueles do tipo hidráulico que apresentam em sua composição apenas um aglomerante, podendo ter poucas adições para regular sua pega. Portanto, trata-se da primeira definição informada pela questão. Assim, a numeração fica: II, I,   ,
- III. O aglomerante aéreo (III) endurece pela reação com CO<sub>2</sub>, logo trata-se da terceira definição apresentada no enunciado. Assim, temos: II, I,   , III



IV. Aglomerantes mistos são a mistura de mais de um aglomerante. Logo, a sequência será II, I, IV, III.

**Gabarito: “c”.**

**IBFC – EBSERH-2016/HUAP/Eng. Civil**

Assinale a alternativa correta:

Para se obter somente a pasta, no preparo do concreto, é necessário:

- a) Cimento, agregado miúdo e água
- b) Cimento, agregado graúdo e água
- c) Cimento e água
- d) Cimento e agregado miúdo
- e) Cimento, agregado miúdo e agregado graúdo

**Comentários:** como vimos, a pasta é o resultado da mistura do aglomerante hidráulico (ex: cimento) com água.

**Gabarito: “c”.**

**IBFC – EBSERH-2016/HUAP/Eng. Civil**

Assinale a alternativa correta:

O concreto, é o conjunto de:

- a) Cimento, agregado miúdo e água
- b) Cimento, agregado graúdo e água
- c) Cimento e água
- d) Cimento e agregado miúdo
- e) Cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo

**Comentários:** o concreto é a argamassa mais o agregado graúdo. Sabemos que a argamassa inclui o aglomerante hidráulico (cimento), água e o agregado miúdo. Logo, o concreto será composto de cimento, água, agregados miúdo e graúdo.



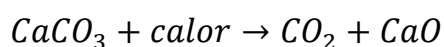


Gabarito: "e".

## CIMENTOS

O cimento **mais** comumente **utilizado** no concreto é o do **tipo Portland**, cujo nome nada mais é do que uma referência a um tipo de rocha utilizada em construções na ilha de Portland, na Grã-Bretanha, com propriedades próximas às do cimento. Uma característica básica do cimento Portland é a presença de silicatos de cálcio que se hidratam quando em contato com a água.

Uma das rochas que origina o cimento é a rocha calcária ( $\text{CaCO}_3$ ), que, em forno próximo a  $1.000^\circ\text{C}$ , gera a reação chamada de **calcinação**, que é a decomposição térmica da rocha, liberando um óxido. Como resultado, tem-se a formação de **cal** e **dióxido de carbono**, conforme a seguir.



A constituição do cimento Portland é praticamente de 2 materiais: argila e calcário. Esses materiais são moídos e levados ao forno para aquecimento até quase seu ponto de fusão, ocorrendo primeiro a **calcinação** do calcário e posteriormente um processo chamado de **sinterização ou clínquerização**. Com o resfriamento do material, denomina-se o produto granulado resultante como **clínquer**, que poderá ser misturado a outras substâncias, como gesso, escória, pozolana ou filler, resultando no cimento que conhecemos. Veremos posteriormente os motivos para se adicionar cada uma dessas substâncias.

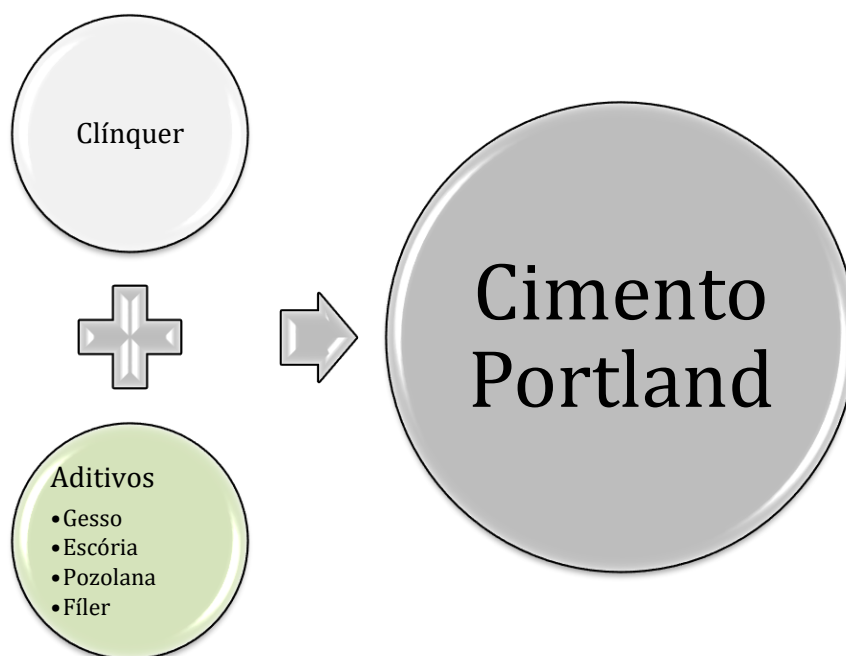


Figura 4: Constituintes do cimento Portland

Porém, não é qualquer calcário nem qualquer argila que pode ser misturado para se fazer o cimento. Temos que saber que se trata especificamente de matérias-primas com os seguintes compostos químicos presentes:

- **Cal** (CaO), também chamada de **C**;
- **Sílica** (SiO<sub>2</sub>), também chamada de **S**;
- **Alumina** (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), também chamada de **A**;
- **Óxido de ferro** (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), também chamado de **F**.

Como resultado dessa mistura, o cimento será composto por **substâncias cristalinas** que formam o **clínquer**. Os constituintes do cimento vão receber nomes abreviados de acordo com a composição dos 4 compostos originais mostradas anteriormente (C, S, A e F), gerando as seguintes substâncias na tabela a seguir:

**Tabela 1: Principais compostos do clínquer**

Nome do composto	Abreviatura	Quantidade
Silicato tricálcico ou <b>alita</b>	C <sub>3</sub> S	20 - 65%
Silicato dicálcico ou <b>belita</b>	C <sub>2</sub> S	10- 55%
Aluminato tricálcico	C <sub>3</sub> A	0-15%
Ferroaluminato tetracálcico	C <sub>4</sub> AF	5-15%

Os **silicatos** (C<sub>3</sub>S e C<sub>2</sub>S) são os compostos mais importantes para a **resistência** do cimento, que será posteriormente hidratado. Em contrapartida, o **C<sub>3</sub>A** (aluminato tricálcico) é geralmente **indesejável**, pois quase não contribui para a resistência do cimento, exceto nos primeiros dias. O C<sub>3</sub>A reage com o hidróxido de cálcio (também chamado portlandita) quase que instantaneamente, conferindo rigidez à pasta de cimento e impossibilitando a sua aplicação na fôrma. Além disso, esses compostos com óxido de alumínio reagem com sulfatos, que são comuns em regiões poluídas, contribuindo para a degradação do concreto.

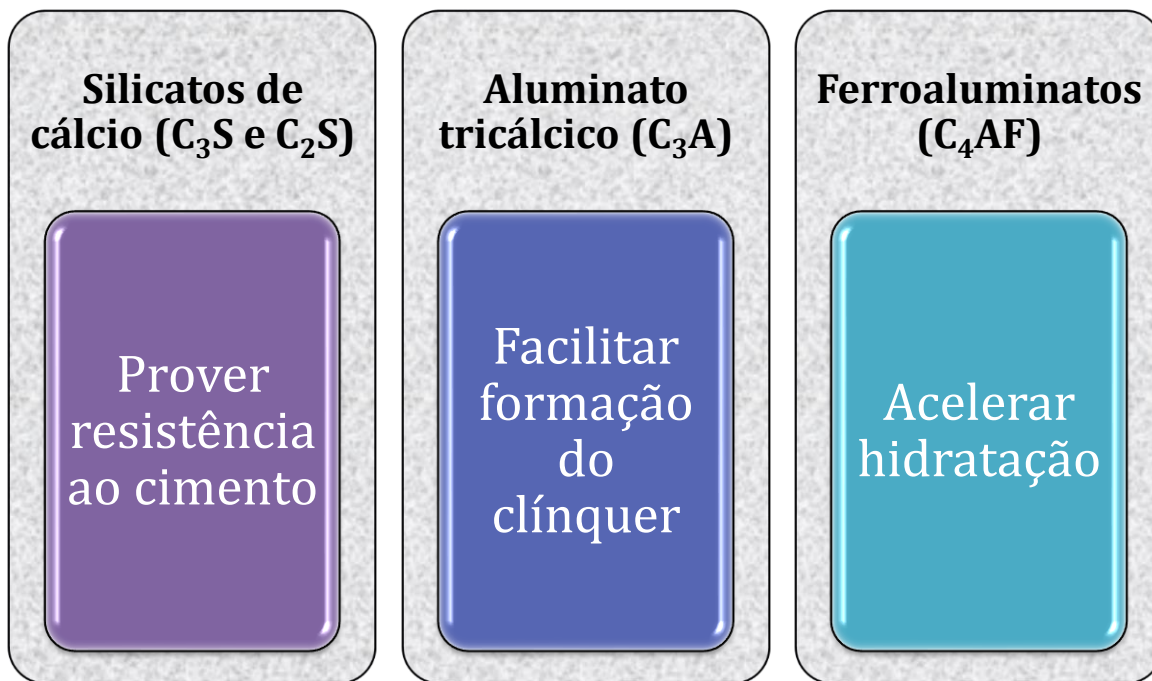
Contudo, o **aluminato tricálcico** é ainda benéfico, pois **facilita a combinação da sílica e da cal** na fabricação do cimento. Por isso, adicionamos ao cimento também o **gesso** (CaSO<sub>4</sub>), cujo íon **sulfato reage** rapidamente com o **aluminato** (C<sub>3</sub>A) disponível no concreto, formando uma substância chamada de **etringita**. Essa reação **evita** que o C<sub>3</sub>A sofra ação do hidróxido de cálcio, que causaria o **endurecendo precoce** da pasta. Portanto, o gesso visa a evitar a grande reatividade do aluminato tricálcico, o que resultaria em um endurecimento quase que instantâneo do concreto. Chamamos o endurecimento do concreto de “pega” e, por isso, dizemos que a adição de gesso visa a **controlar o tempo de pega**, ou seja, o momento em que o concreto adquirirá consistência realmente sólida.

Buscando minimizar os efeitos negativos do C<sub>3</sub>A, sua adição é feita aos cimentos em pequenas quantidades. Assim, é facilitada a formação do clínquer, sem trazer aqueles outros prejuízos que vimos. Há ainda outros compostos em pequena quantidade no cimento, como a **magnésia (MgO)** em proporção máxima de 5% e **cal livre**, que eventualmente está no clínquer, devido a uma porção



da cal liberada pelo calcário no alto-forno não reagir com nenhum dos componentes do cimento ali presentes.

Por fim, os **ferroaluminatos** ( $C_4AF$ ) têm ação como coadjuvantes no cimento, **acelerando** as reações de **hidratação** dos silicatos. Essas reações ocorrerão ao se fazer o concreto, no momento da adição de água.



**FCC - TRF 3/Apoio Esp/Eng. Civil/2014**

A função principal da adição de gesso ao clínquer, no processo de produção do cimento Portland, é

- a) aumentar a durabilidade.
- b) aumentar a finura.
- c) alterar a permeabilidade.
- d) controlar o calor de hidratação.
- e) controlar o tempo de pega.

**Comentários:** como vimos, a adição de gesso ao clínquer justifica-se para se reduzir o endurecimento (ou pega) precoce do concreto. Portanto, trata-se de controlar o tempo de pega.

**Gabarito:** “e”.

#### **Questão 81: FCC - TRT 12 - Eng. Civil – Questão de fixação**

O cimento é composto pelo clínquer, que tem como matérias-primas o calcário e a argila, e pelas adições, como o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos. O gesso está presente em todos os tipos de cimento Portland e tem a função básica de

- a) melhorar a resistência final do cimento.
- b) controlar o tempo de pega.
- c) melhorar a durabilidade.
- d) alterar a moagem do clínquer.
- e) alterar a propriedade ligante do clínquer.

**Comentários:** novamente a importância da adição de gesso é para controlar o tempo de pega do concreto. Essa questão pode parecer fácil, mas tome cuidado, no dia da prova, com toda a matéria na cabeça, não confunda a função aglomerante do gesso com a sua importância no concreto. Uma pessoa desatenta poderia marcar a alternativa “e”, pois de fato o gesso pode desenvolver propriedades ligantes, mas não é o caso aqui. OK?

**Gabarito:** “b”.

## Hidratação do cimento

Quando vamos fazer o concreto, adicionamos água ao cimento, devendo lembrar que, nesse caso, estamos ativando uma substância que é um aglomerante hidráulico. Com isso, os compostos do cimento se hidratam, tanto os silicatos quanto os aluminatos, formando a **pasta** de cimento hidratada com **substâncias cristalinas resistentes**, sendo os C-S-H os principais cristais, resultado da hidratação dos silicatos de cálcio. Esses C-S-H juntamente com os aluminatos são cristalizados sob a forma de “agulhas”, que se entrelaçam conferindo resistência à pasta, que vai endurecendo progressivamente.

Temos no início a **rápida hidratação** do **C<sub>3</sub>S** resultando na formação de C-S-H ao longo das primeiras semanas, enquanto o **C<sub>2</sub>S** vai se hidratando **lentamente**, chegando a igualarem sua contribuição na resistência no longo prazo. Por essas diferentes velocidades de formação, a **resistência** do concreto **a compressão** vai  **aumentando com o tempo**, tendendo para diferentes valores, a depender do tipo



de concreto. A soma de  $C_3S$  e  $C_2S$  é praticamente constante nos cimentos comercializados ao longo do tempo. Porém, os cimentos modernos têm substituído grande parte do  $C_2S$  por  $C_3S$ , resultando em maiores ganhos de resistência no curto prazo



**TOME NOTA!**

Para saber qual é belita e alita, basta lembrar do que tem mais **alta** velocidade de hidratação, chamado de **alita**, que é o  $C_3S$ . Da mesma forma, o composto que tem mais **baixa** velocidade será o **belita**.

Dizemos que esses **silicatos hidratados** são os **C-S-H**, em que o H representa a água. Lembre-se, C não é carbono, nem S é o enxofre, como estudamos em química na escola. Estamos aqui falando especificamente da química do cimento, em que, por convenção, C é o óxido de cal ( $CaO$ ) e o S é a sílica ( $SiO_2$ ).

Os C-S-H representam cerca de **50 a 60%** do volume de sólidos **da pasta de cimento hidratada**, sendo o **mais importante componente** para a determinação das **características da pasta**.

Nessas reações de hidratação, temos o hidrogênio da água reagindo com os silicatos ( $C_3S$  e  $C_2S$ ), que possuem o cálcio e oxigênio, produzindo o **hidróxido de cálcio** ( $Ca(OH)_2$ ), que torna o **pH** do meio **básico**. O hidróxido de cálcio ou **portlandita** representa entre **20 e 25%** do **volume** de sólidos da **pasta hidratada**.

Ocupando entre 15 e 20% do volume de sólidos da pasta endurecida, os **sulfoaluminatos** de cálcio possuem baixa influência sobre a resistência do concreto. Os principais tipos de sulfoaluminatos são a **etringita**, formada no início da hidratação do cimento, e o monossulfato hidratado, que se caracteriza por formar placas hexagonais, sendo muitas vezes resultado da transformação da própria etringita do concreto. Quando **sulfatos**, por exemplo do esgoto, entram em contato com o concreto, **reagem** com o monossulfato presente, que volta a **formar** a antiga **etringita** como produto da reação.

A etringita se caracteriza por ocupar um **volume** muito **maior** que o monossulfato, **gerando trincas** no concreto e até deslocamento, a depender da intensidade das reações e do endurecimento que o concreto já tiver adquirido. Chamamos a essa etringita formada após o endurecimento de etringita tardia ou secundária, enquanto aquela etringita resultante da reação do  $C_3A$  com o gesso do cimento, que se forma nos primeiros minutos da hidratação, é chamada de primária.

Essa reação de hidratação é **exotérmica**, ou seja, há a liberação e calor, sendo por isso essencial **controlarmos a temperatura** do concreto. Para estudarmos essa reação, utilizamos o conceito de **calor de hidratação**, que é a **quantidade de calor liberada por massa de cimento desde o estado não hidratado até a sua completa hidratação**. Essa grandeza do calor de hidratação pode ser prevista para um cimento em suas várias idades, pois trata-se da adição do calor liberado pela hidratação de cada um dos compostos do cimento, ou seja, do  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  e  $C_4AF$ .



A desvantagem do **C<sub>3</sub>S (alita)** é que ele possui maior calor de hidratação do que o **C<sub>2</sub>S**, ou seja, **libera muito mais energia** em sua hidratação do que o **C<sub>2</sub>S (belita)**. Vimos que os cimentos modernos possuem muito mais **C<sub>3</sub>S** do que no passado, resultando em menos **C<sub>2</sub>S** do que nos cimentos antigos, uma vez que a soma de **C<sub>3</sub>S** e **C<sub>2</sub>S** é praticamente constante em um cimento. O impacto desse maior teor de **C<sub>3</sub>S** hoje é que, embora se ganhe mais resistência de forma mais rápida, tem-se a **problema do concreto** se **aquecer mais** nos primeiros dias, necessitando **procedimentos de** controle da hidratação chamados de **cura** muito **mais rigorosos**. Afinal, caso o concreto se aqueça muito e posteriormente esfrie-se rapidamente, ele sofrerá fissuração, prejudicando a resistência do material, podendo colocar em risco a estrutura.

Uma das formas de se **medir** essa **energia liberada** é com o uso da **garrafa de Langavant**, método regulado pela NBR 12006. Sabendo-se da necessidade de hidratação do cimento, **pode-se calcular a quantidade de água** a se adicionar ao cimento para se otimizar sua **hidratação**.

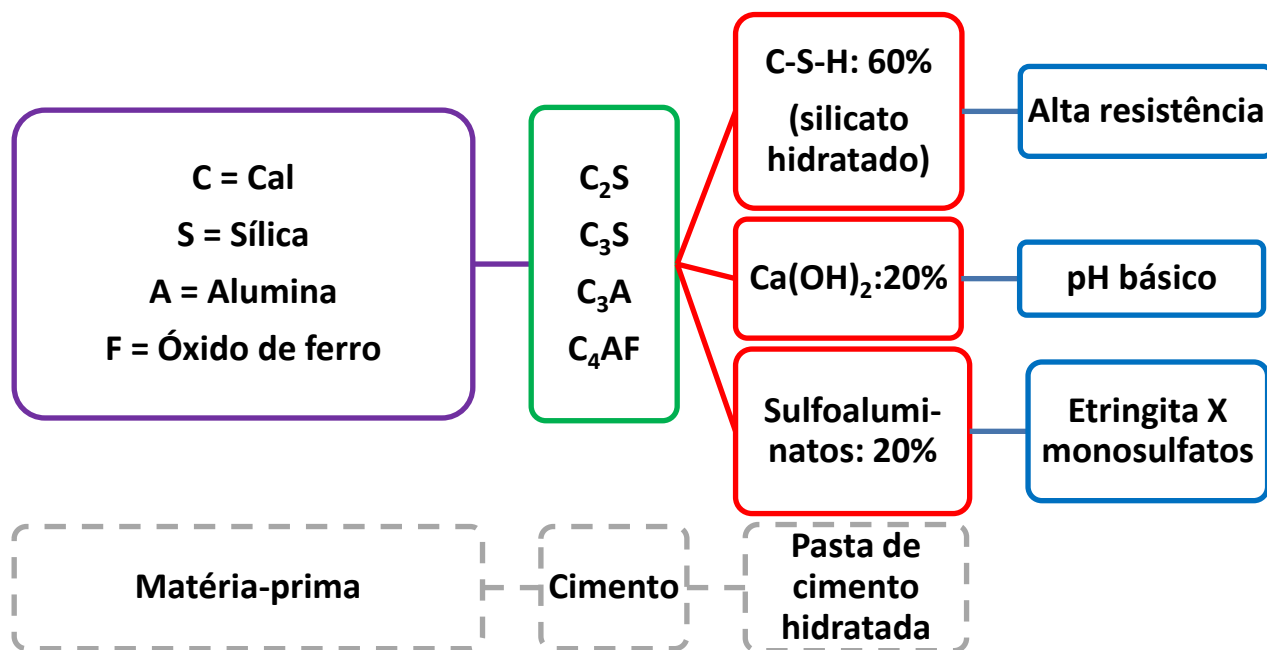


## RESUMINDO

Em poucas palavras, podemos dizer que na hidratação, o cimento Portland reage com a água, atingindo estados estáveis de baixa energia, liberando, por isso, o calor de hidratação.

Para uma maior reação de hidratação, necessita-se que o concreto se apresente o mais homogêneo possível. Por isso, é de grande importância que os **insumos** do concreto sejam **misturados** respeitando-se um **tempo de mistura** adequado. Esse tempo necessário **varia** com o **tipo de betoneira** e de revoluções que esta fará.





## O cimento em ambientes agressivos

Quando pensamos em um ambiente agressivo a um cimento ou concreto, devemos observar 2 fatores desses materiais:

- **Porosidade do meio:** quanto mais poroso for a mistura com o cimento (o que inclui o concreto), maior a existência de vazios por onde podem infiltrar líquidos e gases, trazendo substâncias muito reativas, tais como sulfatos. Essas substâncias podem gerar trincas em uma estrutura, podendo ainda levá-la à ruína no longo prazo. Por isso, a porosidade é um **fator de durabilidade** do cimento e do concreto.
- **Resistência química do aglomerante:** o teor de substâncias reativas já presentes no cimento, como os aluminatos, e o pH do aglomerante são fatores que influenciam a resistência a agressões do meio externo. O cimento apresenta **pH básico** devido à presença de hidróxido de cálcio, sendo por exemplo **vulnerável ao ataque de ácidos**. Ao mesmo tempo, os aluminatos podem formar subprodutos que reagem com sulfatos do meio.





Além disso, há um fator importante na formação do cimento que é a cal, liberada pela matéria-prima utilizada, o calcário. Durante a fabricação do cimento no forno, **parte da cal liberada pode não reagir** com as demais substâncias, permanecendo livre. Com isso, na reação de hidratação do cimento para formação do concreto, essa **cal livre** também se hidratará, cristalizando-se lentamente e caracterizando-se por formar **cristais de grande volume**, chamados de **hidratos de cálcio livre**. Consequentemente, tem-se a expansão do concreto, podendo gerar **trincas**, tornando-o mais vulnerável a agressões do meio.



#### FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil - adaptado

Julgue o item a seguir relativo à cal e suas propriedades:

Cal é o nome genérico de um aglomerante simples, resultante da calcinação de rochas calcárias, que se apresentam sob diversas variedades, com características resultantes da natureza da matéria prima empregada e do processamento conduzido. A calcinação da rocha calcária pura resulta na produção do peróxido de cálcio puro.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** Realmente a cal é um nome genérico para um aglomerante simples obtida pela calcinação de rochas com carbonato de cálcio, que possui muitas variedades. Porém, a calcinação não resulta na produção do peróxido de cálcio puro, mas sim, na produção na cal.

**Gabarito:** “errado”.

UEG - TJ-GO – Téc. Jud - Eng Civil - adaptada



Sobre a composição do cimento Portland, analise a validade das afirmações a seguir.

- I. O cimento Portland é essencialmente formado por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico, além da magnésia e de pequena quantidade de cal livre.
- II. A alumina é componente essencial dos cimentos, com participação entre 60 e 67%, e, quando combinada com a cal, acelera o processo de pega.
- III. A proporção de sílica no cimento Portland, que é originária do sulfato de cálcio, varia de 5 a 10%, combinada com outros componentes.
- IV. A cal é componente essencial do clínquer, com participação entre 60 e 67%, e a resistência mecânica do cimento aumenta com o teor de cal, desde que se encontre completamente combinada.

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- B) Apenas as afirmações I, III e IV são verdadeiras.
- C) Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras.
- D) Todas as afirmações são verdadeiras

**Comentários:** vejamos cada uma das alternativas:

- I. Está correto, temos as substâncias principais, que são os silicatos, aluminatos e ferroaluminatos, além daqueles em pequenas concentrações, como magnésia e cal livre.
- II. A proporção de alumina é bem pequena, geralmente em torno de 10%, pois os aluminatos são muito reativos, levando a problemas de endurecimento prematuro. A substância que chega a esse percentual de 60 a 67% é a sílica. Item errado.
- III. A questão inverte os percentuais do aluminato com os da sílica. Quem apresenta-se em uma faixa entre 5 e 10% no cimento é o aluminato, e não a sílica. Além disso, a sílica provém da argila, e não, do sulfato de cálcio. Item errado.
- IV. É isso mesmo, os silicatos de cálcio são a maior parte do clínquer e, por extensão, a cal e a sílica são a maior parte do clínquer. A cal, por ser um aglomerante, aumenta a resistência mecânica do cimento, desde que tenha suas propriedades aglomerantes ativadas. Correto.

**Gabarito:** “c”.

**FUNCERN - CAERN – Eng. Civil**

No interior do forno de produção de cimento, a sílica, a alumina, o óxido de ferro e o óxido de cálcio reagem dando origem ao clínquer, cujos compostos principais são:



- A) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e sulfato de cálcio.
- B) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato de cálcio e ferroaluminato tetracálcico.
- C) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico.
- D) Silicato tetracálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico.

**Comentários:** como vimos, os compostos do clínquer são o silicato tricálcico ( $C_3S$ ), silicato bicálcico ou dicálcico ( $C_2S$ ), aluminato tricálcico ( $C_3A$ ) e o ferroaluminato de cálcio ou tetracálcico ( $C_4AF$ ).

**Gabarito:** “c”.

### CESPE - ANAC - Especialista em Regulação de Aviação Civil - Área 3 – Questão para fixação

A respeito de materiais utilizados na construção civil, julgue os itens seguintes.

O ferro aluminato de cálcio ( $C_4AF$ ), um dos compostos do cimento, contribui significativamente para o aumento da resistência do concreto ao longo tempo.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** O ferro aluminato de cálcio ( $C_4AF$ ) não contribui significativamente para a resistência do concreto, atuando como um acelerador da hidratação dos silicatos. Portanto, trata-se de uma atuação, como dito na teoria, de uma substância coadjuvante.

**Gabarito:** “errado”.

### FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil – adaptado

Julgue o item a seguir relativo ao cimento Portland:

Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. A cal, sílica, alumina e óxido de ferro são os componentes essenciais do cimento Portland.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** vimos que o cimento é a soma do clínquer (que inclui silicatos, aluminatos e ferroaluminatos) mais eventuais aditivos, como o gesso (sulfato de cálcio), a escória e o filler, para dotar o cimento de eventuais propriedades. Como vimos, tanto a cal quanto a sílica, alumina e óxido ferro são constituintes do cimento.

**Gabarito:** “certo”.

### FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil – adaptado



Julgue o item a seguir relativo ao cimento Portland:

De um modo geral, os cimentos são aglomerantes usuais utilizados em construção e têm comportamento satisfatório em meios ácidos, não resistindo, porém, ao ataque de meios alcalinos.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** é o contrário, os cimentos possuem um pH básico, possuindo baixa resistência ao ataque por ácidos.

**Gabarito: “errado”.**

### CESPE – PCF - Área 7 – Questão para fixação

O bom desempenho de uma obra de concreto depende da qualidade dos materiais de construção e da qualidade da execução. No que diz respeito a obras em concreto, julgue o item a seguir.

A resistência do concreto à compressão independe da sua idade.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** a resistência do concreto é uma variável que vai aumentando com o tempo, à medida que os cristais do cimento vão sendo hidratados. Por isso, a idade é um parâmetro de grande importância para o concreto. Lembre-se que o  $C_2S$  tem sua hidratação bem mais lenta que os demais. Item errado.

**Gabarito: “errado”.**



### IBFC – EMBASA - Técnico Oper. – Edificações - 2017

Analise as afirmações abaixo e assinale a alternativa correta.

I. O concreto armado pode ter surgido da necessidade de se aliarem as qualidades da pedra com as do aço, com as vantagens de poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e proporcionar a necessária proteção do aço contra a corrosão.

II. O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e ar.



- a) Somente a afirmação I está correta
- b) Somente a afirmação II está correta
- c) As duas afirmações estão corretas
- d) Nenhuma das afirmações está correta

**Comentários:** vamos analisar cada alternativa:

I. como vimos, o concreto armado une vantagens do concreto com as do aço. No caso do primeiro, tem-se:

- um alto pH, que propicia proteção à armação
- alta resistência a compressão
- adquirir o volume da forma que preencher em seu estado fresco.

O aço, um produto feito com alto rigor de qualidade nas siderúrgicas, possui como principal vantagem a alta resistência a tração em relação ao concreto. O concreto, por possuir um pH básico, protege o aço contra a corrosão, formando um filme em torno do aço de proteção a ataques externos. Assim, vemos que a afirmativa I está correta.

II. Quanto à caracterização do concreto, tem-se um material composto, por se tratar de mistura de componentes muito diferentes entre si, apresentando inclusive aparência heterogênea que reflete essa composição. É possível muitas vezes localizar, por exemplo, em uma peça de concreto rompida, os agregados graúdos imersos em uma matriz.

Contudo, os componentes do concreto são cimento, água, agregado miúdo e graúdo. Portanto, não há ar em todo concreto, ou se há ar devido à porosidade do material, será um componente indesejável na mistura. Essa foi uma pegadinha da banca, generalizar a presença de ar nos concretos, como se fosse um constituinte imprescindível. O ar é utilizado em casos particulares, como para conferir mais fluidez ao concreto, como veremos em outra aula.

**Gabarito: “a”.**

**UFC CCV – UFCA – Eng. Civil – 2014 - Adaptado**

Os concretos de emprego usual nas estruturas são constituídos de quatro materiais, ou seja, cimento Portland, água, agregado fino e agregado graúdo. O cimento e a água formam a pasta, que enche a maior parte dos espaços vazios entre os agregados. Algum tempo depois de misturado o concreto, a pasta endurece, formando um material sólido. Julgue o item a seguir:



Os cimentos Portland são cimentos hidráulicos produzidos pela pulverização de clínquer formado essencialmente por silicatos de cálcio, com adição de sulfatos de cálcio e outros compostos.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** isso mesmo, o cimento Portland é uma mistura de silicatos de cálcio hidratados com adição de sulfatos de cálcio e alguns compostos em menores quantidades.

**Gabarito:** “certo”.

#### CESPE - 2015/FUB/Eng. Civil

No mercado brasileiro, há diversos tipos de cimento Portland, que se diferenciam, principalmente, em função de composição química, formas de adição e propriedades físicas, cabendo ao engenheiro definir o cimento adequado ao projeto de engenharia, bem como realizar o controle tecnológico e estabelecer o correto armazenamento desse material. Com relação a tipos, propriedades, controle tecnológico e armazenamento do cimento, julgue o item subsequente.

Ao serem hidratados, os compostos do cimento Portland reagem com a água, atingindo estados estáveis de baixa energia e liberando calor de hidratação, que pode ser medido com o uso de garrafa de Langavant.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** é isso mesmo, na hidratação do cimento, este atinge níveis mais estáveis de energia, liberando calor de hidratação, que pode ser medido pela garrafa de Langavant, conforme NBR 12006.

**Gabarito:** “certo”.

### Finura do cimento

Um dos modelos para se entender as reações químicas em geral considera que elas ocorrem pelo contato entre os átomos e moléculas. Assim, **quanto maior a superfície de contato** entre 2 substâncias, **maior** a probabilidade de ocorrência de reações entre seus átomos. Uma forma, então, de se aumentar a taxa ou **velocidade** de uma reação química, tal como a **hidratação do cimento**, seria moer finamente o cimento, para aumentar a área exposta, ou seja, a área superficial. Afinal, quanto menor a dimensão das partículas, maior a superfície externa de contato delas.

Além disso, as reações de hidratação do cimento iniciam-se pela superfície externa das partículas de cimento, de forma que a área externa de cada partícula é fator crucial para a ocorrência da hidratação. Por isso, geralmente partículas maiores do cimento não são completamente hidratadas, pois é possível o contato da água apenas com uma pequena parte do aglomerante.



Moendo mais o cimento, seria possível, por exemplo, que a resistência do concreto aumentasse mais rapidamente, já que a hidratação formaria os silicatos hidratados (C-S-H) a uma taxa mais alta. Como veremos, é isso que fazemos com o cimento CP V-ARI, um tipo de cimento que necessita de alta resistência já nos primeiros dias da concretagem.

A finura é medida pela **superfície específica**, que é a divisão da **área superficial por unidade de massa** dos grãos de cimento, sendo expressa, por exemplo, em  $m^2/Kg$ , conforme fórmula a seguir.

$$Superfície_{esp.} = \frac{Área_{superficial}}{Massa}$$

Uma maneira de se medir a finura é por meio da **distribuição granulométrica** pelo método da **sedimentação**, que considera o diâmetro de cada partícula de acordo com a velocidade de imersão em um fluido. A fundamentação desse método é a chamada **Lei de Stokes**, muito comum na mecânica dos solos ao se medir as dimensões partículas mais finas. Simplificando um pouco, essa lei diz que a velocidade de queda de uma partícula em um fluido é proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula. Assim, medindo o tempo de queda de uma gama de partículas, temos ideia dos seus diâmetros. Outra forma de se medir a finura é pelo **método Blaine** de permeabilidade ao ar (também chamado ensaio do aparelho de Blaine), que determina a área específica do cimento. Quanto maior é o valor medido no ensaio Blaine, mais fino é o aglomerante e mais rápida é sua hidratação.

Uma pasta com **maior finura** terá não só uma hidratação mais rápida, como também **difícilmente** sofrerá **problemas de segregação** e **exsudação**. Vejamos o que são esses 2 problemas:

- **Segregação: separação dos componentes do concreto fresco, devido a terem diferentes massas específicas.** Ao se lançar o concreto, por exemplo, de uma altura grande na concretagem de um pilar, haverá tempo de queda suficiente para a separação entre as suas várias fases (tais como a separação dos agregados da pasta, ou mesmo a água do concreto). Como resultado, o cimento não se hidratará completamente, havendo também zonas de menor resistência, devido à não uniformização na distribuição dos constituintes do concreto. A mistura fica então porosa e com fraca resistência, tendo sua durabilidade prejudicada.
  - ✓ Em contraponto a segregação, temos a **coesão**, que é uma propriedade que mede a **dificuldade de um concreto sofrer segregação**.
- **Exsudação: separação da água do restante da mistura, com o aparecimento de água na superfície do concreto**, devido à diferença de massa específica. A água é o componente mais leve do concreto e esse fenômeno é resultante do fato dos constituintes do concreto algumas vezes não conseguirem se combinar com toda água presente. Como o efeito da exsudação é uma separação dos componentes do concreto, trata-se, pois, de **um tipo de segregação**. Da mesma forma que a segregação, o concreto que sofre exsudação fica poroso e fraco e com durabilidade comprometida.

O movimento que evita a exsudação é muitas vezes a adesão da água à superfície dos agregados e do cimento. Como a exsudação prejudica a hidratação do cimento ao reduzir a





água disponível, são **prejudicas a uniformidade** da **resistência** no concreto e a sua **durabilidade**. Você sabe quais são as principais causas para a exsudação? Veja só:

- ✓ **Excesso de vibração (ou sua falta)**: um processo utilizado após se aplicar o concreto fresco à fôrma é a retirada das bolhas de ar aprisionados no concreto, para se reduzir sua porosidade, melhorando a resistência e durabilidade do material. Essa separação ocorre por vibração e se baseia na diferença de densidade entre o ar (mais leve) e os constituintes do concreto (mais pesados). Contudo, se a vibração durar mais tempo que o recomendado, outros materiais de menor densidade também se separarão, sendo o primeiro da fila a água.
- ✓ **Excesso de água de amassamento** (ou água da mistura): a água de amassamento é aquela que adicionamos ao concreto e, caso esteja em excesso, não haverá partículas de cimento nem agregado suficientes para aderência da água. Assim, a porção em excesso ascenderá à superfície por ser o constituinte mais leve do concreto.
- ✓ **Baixo teor de cimento**: parecido com o item anterior, mas nesse caso, em vez de muita água, há pouco cimento para combinar com a água presente na mistura. Assim, a água em excesso se acumulará na superfície por exsudação.
- ✓ **Material pulverulento**: como vimos, o material pulverulento adere aos agregados, impedindo a combinação deles com a água e os demais constituintes do concreto. Como resultado, a água excedente sofrerá exsudação.

Da mesma forma, um **cimento mais fino** resultará em uma pasta ou concreto **menos permeáveis e mais coesos**, pois haverá maior preenchimento dos espaços vazios entre as moléculas. Como consequência, a mistura terá **maior durabilidade**, pois haverá menos infiltração de agentes agressores externos, tais como sulfatos e gases.

A maior finura do cimento contribui também para a **trabalhabilidade** do concreto, que é uma propriedade que mede a fluidez do concreto sem prejudicar a sua coesão, ou seja, sem causar problemas de segregação. Em uma concretagem, quanto mais fluido o concreto, mais fácil de transportá-lo e lançá-lo nas fôrmas, pois o concreto preencherá os espaços da forma bem mais rápido. Por outro lado, o inconveniente de um concreto muito fluido é muitas vezes a exsudação, por isso utilizamos esse nome trabalhabilidade, que seria o equilíbrio entre a vantagem da fluidez sem causar prejuízos à qualidade do concreto.

Ao mesmo tempo em que pode ser mais vantajoso um cimento com maior finura, temos que saber que moê-lo mais **consome mais energia na usina**. As reações de hidratação em um cimento mais fino também liberam **maior calor de hidratação**, impondo limites à finura para se evitar trincas no concreto.



CESPE - TC-DF/ACE – Questão de fixação



A respeito da especificação de materiais utilizados na construção e de suas características físicas, julgue o item subsequente.

A finura dos cimentos está relacionada diretamente à velocidade de hidratação no preparo de argamassas e concretos.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** com certeza, pois uma finura alta no cimento fará com ele tenha maior superfície específica, de forma que as reações gerarão mais colisões entre as moléculas, processando-se em maior taxa ou velocidade.

**Gabarito:** “certo”.

### CESPE - FUB – Eng. Civil – Questão para fixação

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que, ao serem misturados com a água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa. Com relação a características básicas desse cimento, julgue os itens seguintes.

A finura do cimento Portland pode ser determinada por meio do ensaio de sedimentação.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** Como vimos, a sedimentação é um dos métodos de se medir a sedimentação, pois permite a observação dos tempos de sedimentação para as partículas do cimento, permitindo-se obter uma estimativa das suas dimensões.

**Gabarito:** “certo”.

### IBFC – EBSEH-HUGG – Eng. Civil – 2017 – Adaptado

Conhecer as características dos materiais é de extrema importância no processo de confecção dos concretos, pois influenciam diretamente nas propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido.

Quanto à influência de uma maior finura do cimento, estão corretas as alternativas:

- I. Melhora a resistência do concreto principalmente nas primeiras idades.
- II. Diminui a exsudação e outros tipos de segregação.
- III. Aumenta a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão dos concretos.
- IV. Aumenta a liberação de maior quantidade de calor nas reações de hidratação tornando os concretos mais sensíveis ao fissuramento.

Assinale a alternativa correta.



- A) I, II, III, IV
- B) I, II, IV apenas
- C) II, III, IV apenas
- D) II, IV apenas
- E) I, III, IV apenas

**Comentários:** vejamos cada alternativa:

- I. Uma maior finura do cimento aumenta sua velocidade de hidratação, resultando em maiores ganhos de resistência nos primeiros dias. Correto.
- II. A finura é uma forma de se combater a exsudação e outras formas de segregação, pois aumenta a taxa de hidratação ao permitir maior contato do aglomerante (cimento) com as outras partículas. Correto.
- III. Com um cimento mais fino, temos uma maior hidratação e um maior preenchimento dos vazios da mistura, com a formação de mais silicatos hidratados de C-S-H em menor intervalo de tempo. Assim, o cimento fica mais impermeável, coeso (mais resistente a segregações) e trabalhável. Correto.
- IV. Esse é uma desvantagem de um cimento mais fino, como o CP V-ARI, pois ele libera mais energia em sua hidratação, aquecendo-se mais. Correto.

**Gabarito: “a”.**

#### **CESPE – FUB – Eng. Civil – 2016**

A respeito dos sistemas e processos construtivos e dos materiais utilizados em obras de edificações, julgue o seguinte item.

A exsudação, fenômeno de segregação de água que ocorre na pasta de cimento, prejudica a uniformidade, a resistência e a durabilidade do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** com certeza, a exsudação prejudica a uniformidade do concreto, pois haverá separação da água do concreto em diferentes quantidades em cada local da peça concretada. Assim, cada região terá uma resistência diferente. Como a hidratação não ocorrerá da forma otimizada que foi planejada, já que parte da água se perdeu para o meio, também se verifica prejuízo no desenvolvimento da resistência mecânica do concreto. Por fim, a perda de água por exsudação gera poros no concreto, por onde podem penetrar gases e líquidos futuramente, atacando inclusive a armadura ali presente, prejudicando sua durabilidade.

**Gabarito: “certo”.**



## Tempo de pega

Chamamos de pega a mudança do estado fluido da pasta de cimento ou do concreto para o estágio rígido, ou seja, quando ele adquire **consistência sólida**. A pega é acompanhada pela hidratação dos cristais do C-H-S, absorvendo a água que antes era livre no concreto e resultava na sua fluidez. Como consequência da hidratação, tem-se aumento da temperatura do maciço, por ser uma reação exotérmica.

Para verificar a ocorrência da pega no cimento, utilizamos o **ensaio da agulha de Vicat**, que mede indiretamente a pega pela resistência à penetração ou deformação da pasta de cimento. O ensaio se baseia na aplicação de uma agulha de 1 mm sob uma carga de 300 gramas sobre a amostra com uma consistência normalizada. Por convenção, o **início da pega** ocorre quando, numa profundidade de 40 mm na pasta de cimento, a penetração da agulha for a uma distância de até 4 mm do fundo da placa que contém a amostra.

O início da pega caracteriza-se pelo início do endurecimento da pasta de cimento, que perde fluidez, apresentando plasticidade, processo caracterizado por **rápida elevação da temperatura** e do **calor de hidratação**. Esse tempo deve ser obrigatoriamente **superior a 1 hora** segundo a NBR 16697:2018, considerado como padrão mínimo para o transporte (manual ou por bombeamento) e lançamento do concreto da usina até a peça a ser concretada em uma obra (Figura 5). Afinal, se a pasta de cimento ganhasse consistência antes de 1 hora, haveria o risco do endurecimento prematuro ainda dentro do caminhão betoneira, sem se ter chegado à obra para se fazer o bombeamento e lançamento da mistura. Após esse prazo, a mistura deve permanecer em repouso, em sua posição definitiva para permitir o desenvolvimento de seu endurecimento, sendo daí em diante **não trabalhável**. O início da pega é tão importante que a NBR 14931 diz que, **em nenhuma hipótese**, o **lançamento do concreto** pode se dar **após o início da pega**.

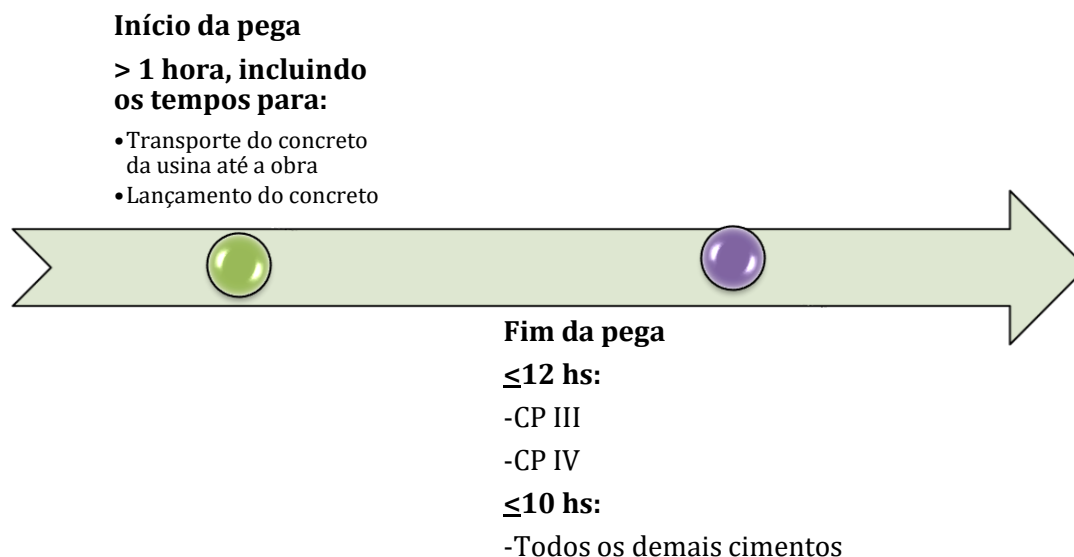
Quando a pasta passa a se comportar praticamente como um **sólido**, ou seja, torna-se totalmente rígida, dizemos que foi atingido o **fim de pega**. Esse momento é registrado obviamente por uma penetração menor, que é de 0,5 mm na pasta, o que mostra o endurecimento da massa. Na verdade, a agulha de Vicat faz apenas um pequeno toque na pasta, sem penetração. Com o fim da pega, que ocorre várias horas após a adição de água ao cimento, a pasta não pode mais ser moldada mantendo-se as suas propriedades. Quando ocorre o fim da pega, observa-se também um **pico** na liberação do **calor de hidratação** pelo cimento superior àquele observado no início da pega. Não se busca um fim de pega muito longo, pois ele impede a continuação das obras sobre o local concretado, já que o cimento não terá se endurecido completamente enquanto não se completar a pega.

A NBR 16697:2017 estipula os seguintes tempos de fim de pega, que são de cumprimento facultativo, a depender do acordo entre o comprador e o produtor:

- **12 horas** para concretos com lenta hidratação, que são os chamados de baixo calor de hidratação, que são de 2 tipos:

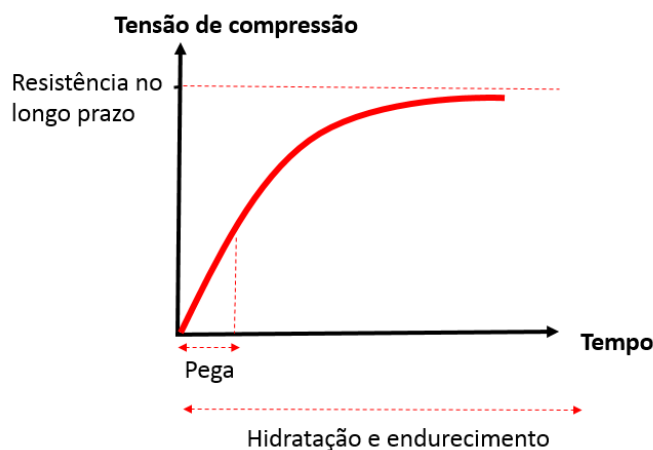


- **CP III** (denominado Cimento Portland de alto-forno): cimento que é misturado na usina a escória de alto-forno, que é um material que, entre outros atributos, reduz o calor de hidratação liberado pelo concreto;
- **CP IV** (denominado Cimento Portland Pozolânico): cimento misturado a pozolana, que também se caracteriza por uma lenta formação de silicatos hidratados, com baixa liberação de calor de hidratação.
- **10 horas** para concretos
  - **Todos os demais** cimentos;



**Figura 5: esquema de ocorrência do início e fim da pega**

Mesmo após o fim da pega, as reações de hidratação continuam se processando, aumentando a rigidez e resistência mecânica da pasta. Essa velocidade de reação vai decrescendo com o tempo, até sua estabilização (Figura 6). Para se ter uma ideia dessa influência temporal, observa-se algum ganho de resistência até para concretos com idades de 20 anos!



**Figura 6: Hidratação do cimento e sua pega**

Em alguns cimentos pode ocorrer o que se denomina **falsa pega**, que seria um **enrijecimento anormal do cimento** com poucos minutos de hidratação, **sem grande ganho de resistência**. Geralmente após o cimento perder a plasticidade, misturando-o novamente, ele recupera sua fluidez, sendo esse o motivo do nome “falsa pega”. Esse fenômeno pode ser resultado de erros operacionais na fabricação do clínquer, tal como a temperatura do forno ultrapassando 128°C, o que reduz o teor do **sulfato de cálcio** disponível na mistura, atenuando então seu efeito retardador na pega.

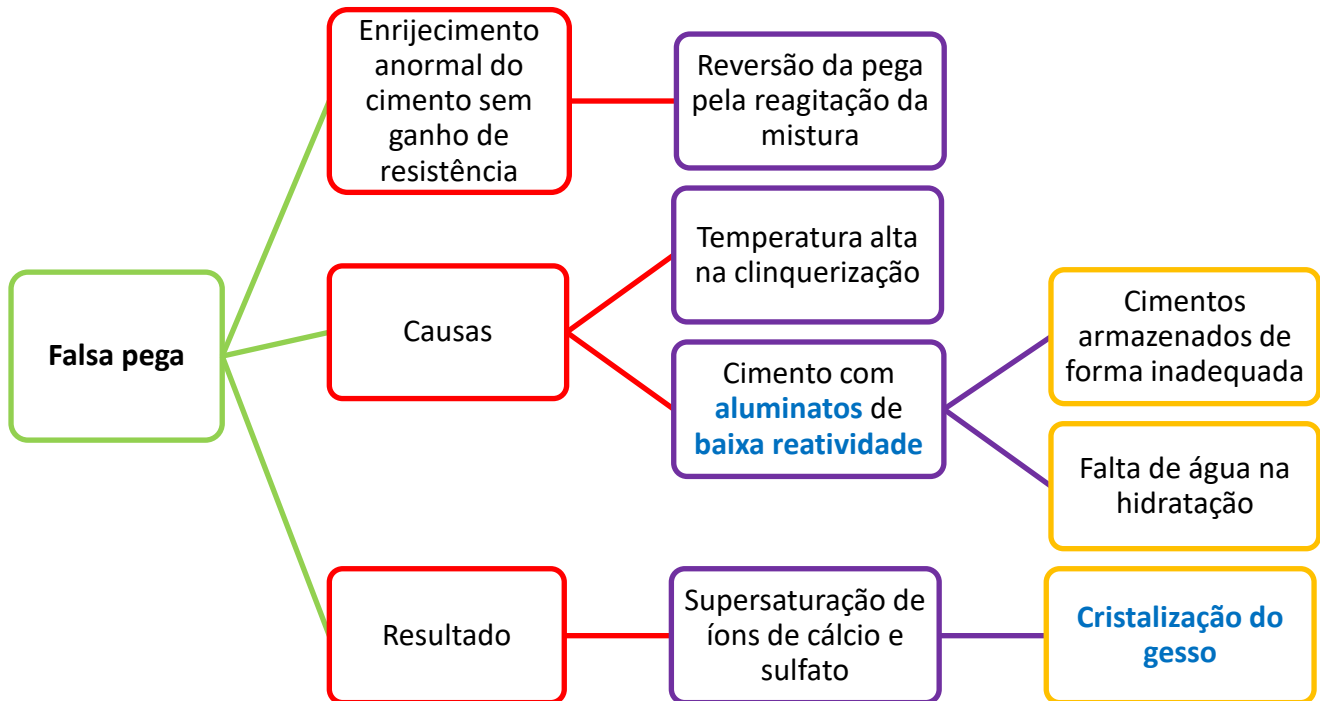
Outro motivo para a falsa pega é o uso de aluminatos tricálcicos (**C<sub>3</sub>A**) **de baixa reatividade**, como ocorre nos **cimentos armazenados de forma inadequada**, ou quando **não se adiciona água suficiente** para ativar todos os C<sub>3</sub>A na hidratação. Como resultado, restará muito gesso na mistura, ou seja, muito cálcio e sulfato sem reagir com os aluminatos, ocorrendo então a rápida formação de cristais de gesso, acompanhada de perda da consistência da mistura.



Essa relação de hidratação é válida para o concreto, porém **não ocorre** com o **aço** presente no concreto armado. Com o tempo, o que se verifica no aço é muitas vezes perda de resistência e de aderência da armadura, principalmente pelos aços serem suscetíveis à corrosão. Portanto, não caia em histórias de que a resistência a tração do aço vai aumentar com o tempo, pois haveria uma camada passivadora formada na superfície do aço pelo cimento. São meias verdades que a banca distorce para confundir-lo. A **camada passivadora** que existe é para a **proteção do aço** contra **corrosão**, mas não para lhe dar uma resistência mecânica extra.

Caso fique curioso sobre o que é essa camada passivadora, trata-se de um filme de óxidos do concreto que aderem ao aço como resultado do alto pH do concreto, protegendo o aço contra corrosão. Esse processo de proteção do aço é chamado de passivação, pois afinal, o aço sofre a aderência de outros materiais visando protegê-lo. Há uma divergência sobre os óxidos dessa camada pertencerem ao concreto ou ao aço, porém não entraremos nesses detalhes por não ser nosso objetivo de estudo.





### Controle da pega

A temperatura do ambiente induz uma série de cuidados especiais a se tomar na cura do concreto. Vejamos alguns procedimentos importantes:

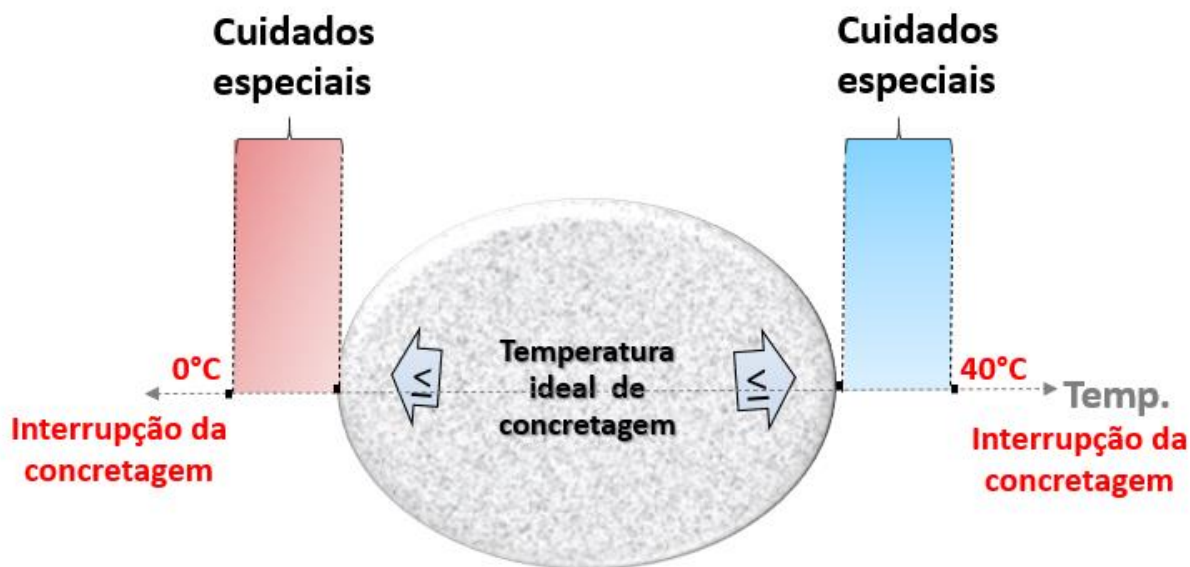
- **Temperatura mais alta que o previsto** na concretagem: temperaturas maiores aceleram a hidratação do cimento e a pega do concreto. Contudo, um efeito indesejável é a queda na resistência no longo prazo do concreto, pois parte da água se perde por evaporação, prejudicando a hidratação. Por isso, a temperatura de lançamento do concreto é **limitada a 30 °C**.
  - ✓ Quando a temperatura ultrapassar o limite de 30 °C, deve-se tomar cuidados especiais, sobretudo em ambientes muito quentes ( $\geq 35$  °C) em que há baixa umidade relativa do ar ( $\leq 50\%$ ) e alta velocidade dos ventos ( $\geq 30$  m/s). Nesses casos, há grandes riscos de rápida perda de consistência do concreto, caso não sejam adotados mecanismos de redução da temperatura da massa e da perda de água.
  - ✓ Para se evitar prejuízos à hidratação do concreto, a concretagem deve ser **suspensa** se a **temperatura** ambiente **superar 40 °C** ou se o vento tiver velocidade acima de 60 m/s (Figura 7).
- Concretagem em **climas quentes**: trabalhar em climas quentes, sobretudo em grandes obras, tais como uma usina hidrelétrica, necessita de um sistema de controle de hora de concretagem, geralmente iniciando antes das 5h e terminando antes das 9h, para se evitar os



demais horários que são de grande insolação. Outro importante controle é o da temperatura, que nesses casos deve buscar o lançamento do concreto já a temperatura reduzida (15°C), chamado **concreto frio**, cujos agregados são geralmente esfriados antes da mistura com água fria. Nesse caso, uma técnica comumente utilizada é a aplicação de **lona plástica**, **areia** ou **serragem** para se evitar a evaporação e água. Em situações mais extremas, pode-se recorrer à adição de **gelo em flocos** na água de mistura ou ao uso de **serpentina com água gelada embutida** no concreto, a fim de se impedir o aumento da temperatura com a consequente formação de trincas devido à expansão do material. Pode-se também recorrer a **fôrmas duplas de madeira com câmara de ar confinado** entre as folhas, atuando como isolante térmico. Importante evitar formas em aço, por resfriarem muito rapidamente o concreto, podendo gerar fissuras no material.

- ✓ Como esses métodos todos são caros, recomenda-se o uso de **cimentos com baixo calor de hidratação**, o que resultará em um material que se aquece menos no contato com a água. Veremos esse cimento em maiores detalhes na seção sobre os tipos de cimentos.
- Concretagem em **climas frios**: é necessário, analogamente a climas quentes, um sistema para se evitar a queda da temperatura do concreto, sobretudo com o congelamento da água. Mais ainda, a estrutura deve estar preparada contra os efeitos do gelo e degelo, pois o congelamento da água leva à expansão da pasta de cimento, prejudicando o ganho de resistência do concreto. Há alguns materiais isolantes que podem ser utilizados junto às fôrmas para se evitar prejuízos à hidratação do concreto. Caso haja **congelamento**, a **hidratação do cimento é parada**, praticamente interrompida, **bem como o ganho de resistência** do concreto. Assim, verifica-se o **aumento** do **tempo de pega** do concreto em temperaturas frias, necessitando de maior tempo para a desforma. Por isso, a NBR 14931 estipula a **temperatura mínima** para lançamento de concreto em **5 °C**.
  - ✓ Quando a temperatura ficar **abaixo de 0 °C** nas 48 horas seguintes, deve a concretagem ser **suspensa** (Figura 7).
  - ✓ A **incorporação de ar no concreto** pode também ser outra solução para situações de gelo e degelo, pois as bolhas de ar podem funcionar como amortecedores ou juntas, permitindo eventuais expansões e contrações da água do concreto. Veremos essa técnica posteriormente, quando estudarmos adições.





**Figura 7: intervalo de temperatura ideal para concretagens (NBR 7212 e NBR 14931)**

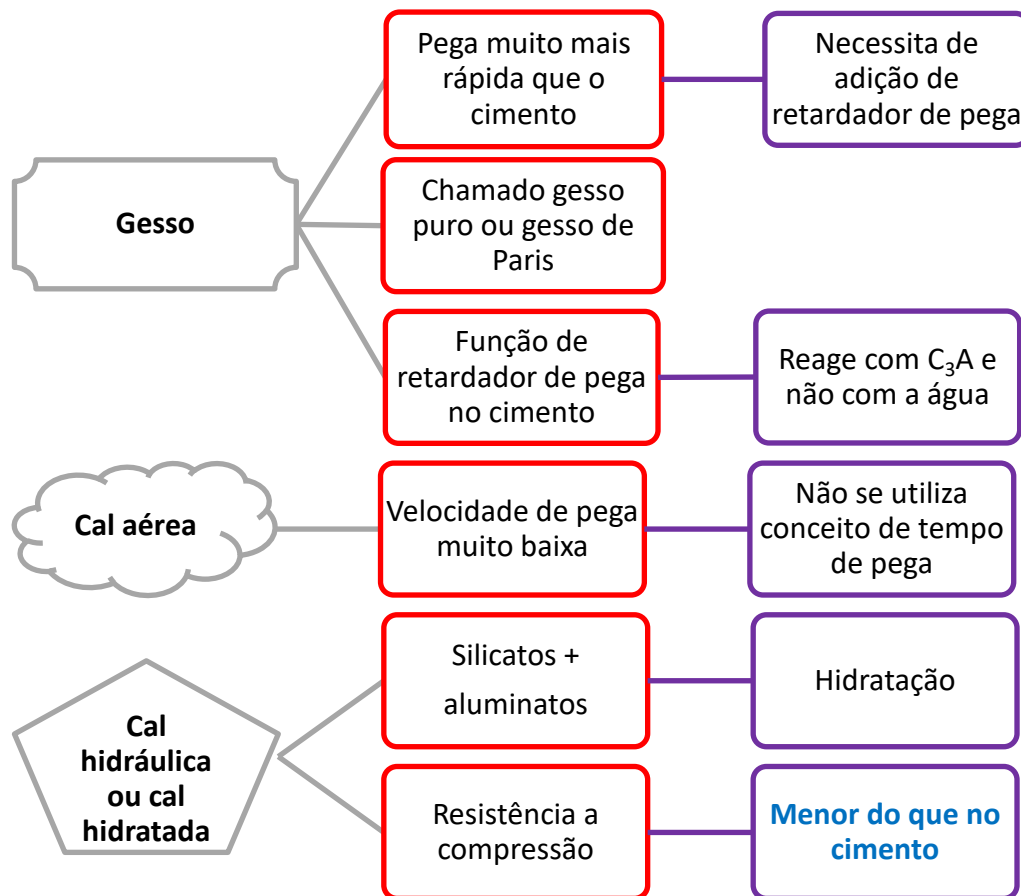
#### Tempo de pega de outros aglomerantes

Não é só o cimento que possui pega, os outros aglomerantes também sofrem esse processo de endurecimento. Vejamos os mais importantes:

- **Gessos:** possuem pega bem mais **rápida** que o cimento Portland e a cal, tanto hidratada quanto aérea. Para evitar esse problema, é comum adicionar um aditivo retardador ao gesso. Esse gesso é também denominado gesso puro ou **gesso de Paris**.
  - ✓ Você deve estar lembrado de adicionamos gesso ao cimento justamente para retardar a pega do cimento. Como pode o mesmo gesso desenvolver pega rápida como aglomerante? A explicação é que a adição do gesso no cimento é para ele reagir com o aluminato tricálcico ( $C_3A$ ), formando a etringita e não para se obter pega ao reagir com a água. Afinal, o  $C_3A$  é tão reativo que impede a reação do gesso com a água.
  - ✓ Observação: existem algumas variantes de gesso que possuem diferentes tempos de pega, como o sulfato anidro solúvel.
- **Cal aérea:** as reações com  $CO_2$  ocorrem em ritmo baixo com a lenta penetração do gás na cal. Essa reação, chamada carbonização, tem na presença da água um catalisador, que dissolve ao mesmo tempo a cal e o  $CO_2$ . Em geral, a pega é tão demorada, que **não trabalhamos com o conceito de tempo de pega** para a cal aérea.
- **Cal hidráulica:** a cal hidráulica em estado sólido possui **silicatos** ( $SiO_2 \cdot 2CaO$ ) e **aluminatos** ( $Al_2O_3 \cdot CaO$ ) que, ao sofrerem hidratação, formarão o hidróxido de cálcio,  $Ca(OH)_2$ , também chamado de **cal hidratada**, e cristais a partir dos silicatos e aluminatos, assim como se verifica no cimento. Notadamente, a **resistência a compressão desenvolvida pela cal é menor que a desenvolvida pelo cimento**.



## ESQUEMATIZANDO



HORA DE PRATICAR!

### FCC – Analista - Pref Teresina - Técnico em Edificações – 2016 - Adaptado

Para que se evite a ocorrência de fissuração de origem térmica por ocasião de seu lançamento, a temperatura do concreto deve estar no limite entre

- a) 22 °C e 35 °C.
- b) 5 °C e 25 °C.
- c) 15 °C e 38 °C.



- d) 5 °C e 30 °C.
- e) 25 °C e 40 °C.

**Comentários:** de acordo com a NBR 7212, a temperatura para concretagem deve estar entre 5 e 30 °C.

**Gabarito: “d”.**

#### **FCC - TRT – 2015 – 3ª Região MG – Ana. Judiciário – Eng. - Adaptado**

Como os gessos puros apresentam velocidade de pega e endurecimento

- a) muito mais rápida que o cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos retardadores.
- b) muito mais lenta que o cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos aceleradores.
- c) igual ao cimento portland e mais lenta que a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos aceleradores.
- d) muito mais lenta que o cimento portland e igual a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos retardadores.
- e) igual ao cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil sem a necessidade do uso de aditivos.

**Comentários:** como vimos, a pega do gesso é muito mais rápida que a do cimento e da cal hidratada. Com isso, para facilitar a aplicação e o controle da pega, são adicionados aditivos retardadores de pega ao gesso.

**Gabarito: “a”.**

#### **FCC - 2014 - TJ-AP – Ana. Jud. – Eng. Civil**

A cal é, certamente, o ligante mais antigo utilizado pela humanidade. Seu endurecimento, quando comparado ao do cimento Portland e gesso é

- a) muito lento, pois depende da difusão da água para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, tem também muita importância para a cal.
- b) muito lento, pois depende da difusão do CO<sub>2</sub> para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.



- c) muito rápido, pois depende da difusão do CO<sub>2</sub> para o exterior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.
- d) muito rápido, pois depende da difusão do O<sub>2</sub> para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.
- e) idêntico, pois depende da difusão de moléculas de H<sub>2</sub>O para o exterior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, tem também significativa importância para a cal.

**Comentários:** foi dito se tratar do aglomerante mais antigo da humanidade e as alternativas mencionam CO<sub>2</sub>, logo, inferimos que se refere à cal aérea. Sabemos que a pega dessa cal é muito lenta, pois depende da penetração do dióxido de carbono no material, para a ocorrência das reações. Assim, sabemos que a alternativa certa começará pela expressão “muito lento”. Como consequência da baixa velocidade de reação, não faz sentido em se falar em tempo de pega, pois seria de meses, a depender da região. Portanto, o item correto é a letra b.

**Gabarito: “b”.**

#### **CESPE - FUB – Eng. Civil – Questão para fixação**

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que, ao serem misturados com a água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa. Com relação a características básicas desse cimento, julgue os itens seguintes.

O tempo de pega do cimento Portland é determinado pelo ensaio de compressão edométrica.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** como vimos, o ensaio feito para determinar a pega do cimento é o ensaio de Vicat. A compressão edométrica é utilizada para se avaliar o adensamento em solos. Item errado.

**Gabarito: “errado”.**

#### **FGV – COMPESA - Anal. Saneamento – Eng. Civil - 2018**

O termo pega se refere à solidificação da pasta plástica de cimento. Sobre o assunto, leia o fragmento a seguir.

“Quando o (a) \_\_\_\_ é de baixa reatividade e ao mesmo tempo uma \_\_\_\_ quantidade de sulfato de cálcio está presente no cimento, ocorrerá uma formação rápida de grandes cristais de gipsita e uma perda de consistência. Esse fenômeno é chamado de \_\_\_\_, e não está associado a uma grande evolução de calor.”

Assinale a opção cujos termos completam corretamente as lacunas do fragmento acima.





- A) aluminato tricálcico – grande – falsa pega
- B) aluminato tricálcico – baixa – falsa pega
- C) aluminato tricálcico – grande – pega instantânea
- D) belita – grande – pega rápida
- E) belita – baixa – pega rápida

**Comentários:** Pelo texto do enunciado da questão, sabemos que será abordado um fenômeno que ocorre com uma substância presente no concreto que:

- pode ter baixa reatividade;
- reage com o sulfato de cálcio;
- Afeta a pega do concreto, pois é dito que haverá perda de consistência, ou seja, o concreto sofrerá endurecimento.

Olhando o primeiro item proposto por cada alternativa, há apenas 2 opções:

- Aluminato tricálcico ( $C_3A$ );
- Belita ( $C_2S$ ).

Sabemos que a belita ( $C_2S$ ) não reage com o sulfato de cálcio, nem influencia a pega do concreto, fenômeno também presente na última palavra de todas as alternativas da questão. Logo, são inviabilizadas as alternativas “d” e “e”.

Nos restam então as alternativas “a”, “b” e “c”, que falam da “falsa pega” e “pega instantânea”. Vamos analisar primeiro a alternativa “c”: para ocorrer a pega instantânea, precisamos sim de aluminato tricálcico ( $C_3A$ ), porém com alta reatividade para a pega se dar logo, ao contrário do que diz o texto (“baixa reatividade”). Assim, a alternativa “c” está errada.

Por fim, sabemos que o  $C_3A$  reage com o sulfato de cálcio, embora no caso de falsa pega, conforme fenômeno denominado pelas alternativas restantes “a” e “b”, é necessário que o aluminato seja de baixa reatividade. Assim, na falsa pega a reação do  $C_3A$  com o sulfato de cálcio praticamente não ocorre, havendo então a acumulação de gipsita no concreto em grande quantidade e não, baixa, como diz a alternativa “b”.

**Gabarito: “a”.**

### **IBFC - Docas PB - Eng. Civil - 2015**

Analise as afirmações a seguir sob a Rubrica do tema "Concreto" e indique quais as afirmações estão corretas. O tempo que decorre desde a adição de água até o início das reações com os compostos de cimento é chamado de tempo de início de pega. A duração da pega é influenciada pelos seguintes fatores:



I. Cimentos ricos em  $C_3A$ , um composto que reage imediatamente na adição da água, dão pega muito rapidamente, devendo, em muitos casos, ter o tempo corrigido com a adição de gesso.

II. A duração da pega varia na razão direta do grau de moagem, sendo que os cimentos moídos muito finos dão início de pega mais lento.

III. O aumento de temperatura diminui o tempo de pega.

Assinale a alternativa correta:

- a) Estão corretas as afirmações I e II.
- b) Estão corretas as afirmações II e III.
- c) Estão corretas as afirmações I e III.
- d) Estão corretas as afirmações I, II e III.

**Comentários:** Vamos às afirmações:

- I- Correto, pois o  $C_3A$  é um dos primeiros compostos a se formar com a hidratação do cimento. Como o gesso regula o tempo de pega, fazemos uso dele para evitarmos que haja endurecimento muito rápido do concreto.
- II- Pelo contrário, cimentos moídos vão dar início de pega muito mais rapidamente, pois a superfície de contato do cimento com água será maior, fazendo com que as reações de hidratação ocorram também numa taxa maior.
- III- Quando aumentamos a temperatura, fornecemos energia ao sistema, aumentando a velocidade das moléculas, de forma que haverá mais colisões por unidade de tempo, ocorrendo mais facilmente a pega. Logo, iremos reduzir o tempo necessário de pega.  
Correto

**Gabarito:** “c”.

### **CESPE – PF - Área 7 – Questão para fixação**

Com relação aos aglomerantes e aos materiais em geral, é importante conhecer suas principais propriedades e ensaios. Acerca desse tema, julgue o item seguinte.

A caracterização da pega do cimento é realizada pela determinação de dois tempos: o de início e o de fim da pega.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** como vimos, quando analisamos a pega, consideramos os tempos de seu início e fim. Cada um desses momentos indica um estado diferente do concreto. Item correto.



**Gabarito: “certo”.**

**AOCP – 2015 - Ana. Jud. - TRE AC - Eng.**

Em relação à execução de estruturas em concreto, assinale a alternativa correta.

- a) Uma temperatura de concreto fresco, mais elevada que o normal, resulta em uma hidratação do cimento mais rápida, e leva, portanto, à pega acelerada e menor resistência em longo prazo do concreto endurecido.
- b) A cura do concreto em temperaturas elevadas e ar seco é desejável para o concreto, já que a água de cura tende a evaporar rapidamente, com consequente aumento da velocidade de hidratação.
- c) No caso de concretagem de estrutura em clima quente, não é possível usar gelo como parte da água de amassamento, pois o calor seria retirado de outros ingredientes para prover calor para a fusão do gelo.
- d) Ao executar uma concretagem de estrutura em clima frio, caso o concreto que ainda não tenha entrado em pega congele, a água de amassamento se transforma em gelo, visto que não há água disponível para as reações químicas e a pega e o endurecimento do concreto são imediatos.
- e) Um concreto executado em clima frio deve ser protegido dos danos do congelamento nas idades iniciais, mas não é necessário que seja uma estrutura resistente à ocorrência de ciclos de gelo-degelo ao longo da sua vida útil.

**Comentários:** vejamos cada item:

- a) De fato, o aumento da temperatura induz maior velocidade na reação de hidratação, porém prejudica a resistência no longo prazo, por reduzir a água disponível para hidratação no concreto, devido à maior evaporação induzida. Item correto.
- b) A cura de concreto não é desejável com ar seco, mas úmido, para se evitar a perda de água do concreto. Essa evaporação prejudica o ganho de resistência do concreto. Item errado.
- c) Pelo contrário, em climas quentes, é sim possível utilizar gelo na água de amassamento do concreto, que seria aquecido pelo calor ambiente e liberado pela hidratação do cimento com a água disponível no estado líquido. Errado.
- d) Climas frios aumentam o tempo de pega do concreto e o congelamento da água não significa que tenha ocorrido a pega do concreto. Item errado.
- e) É fundamental que se proteja uma estrutura de concreto da ocorrência de ciclos de gelo e degelo em climas frios, pois o congelamento da água gera expansão da pasta de cimento, afetando o concreto como um todo. Item errado.

**Gabarito: “a”.**



## Principais adições minerais ao cimento

O cimento é misturado hoje com algumas substâncias minerais que antes eram consideradas resíduos da indústria, mas que foram incorporadas, contribuindo para a melhoria das propriedades do cimento. Podemos dizer que as **adições minerais** são feitas para se **somar** ou **substituir** parcialmente o **cimento**, por apresentarem **propriedades similares**.

Há três adições muito importantes utilizadas hoje em dia, que são:

### Pozolana

O material pozolânico possui sílica ( $\text{SiO}_2$ ) em sua composição e é inerte na água. Quando finamente moídas, as pozolanas **reagem com o hidróxido de cálcio** do concreto, o qual fica disponível sobretudo na chamada **zona de transição**, região que forma um fino filme **entre a pasta de cimento e o agregado gráudo**. Essas zonas sofrem forte influência do agregado, que atrai não só a formação de grandes cristais de portlandita (hidróxido de cálcio), como também uma maior concentração de água do que no restante do concreto.

Uma vez que o hidróxido de cálcio colabora muito pouco com a resistência do concreto, essa zona de transição corresponde a uma **região de baixa resistência**, sendo suscetível a fraturas, ou seja, trata-se de uma região de fraqueza do material. Por isso, é geralmente nessa zona de transição que o **concreto trinca inicialmente**, expandindo-se para a matriz da argamassa quando se atinge 50% da carga de ruptura.

Material rochoso de **origem vulcânica**, as pozolanas, quando **naturais**, caracterizam-se por sofrer, durante sua formação, um rápido resfriamento na superfície, originando o estado denominado vítreo, em que não há a cristalização de seus constituintes.

Também podem ser **artificiais**, destacando-se alguns casos de **resíduos da indústria**, que são frequentemente encontradas na forma de cinzas resultantes da queima industrial, tais como as cinzas volantes. Além disso, temos as **argilas calcinadas** e finamente moídas, **cinzas de casca de arroz** e **sílica ativa** (resíduo da produção de silício metálico) como pozolanas artificiais. Consideram-se também nesse tipo as argilas submetidas a procedimento industrial para alteração de suas propriedades, por meio, por exemplo, de desidratação.

O **resultado** da reação da pozolana com a portlandita é a **formação** de compostos como silicatos hidratados (**C-S-H**), de grande resistência e com propriedade ligante (Figura 8). A velocidade de formação do C-S-H é menor que a do cimento, bem como o calor liberado, sendo, por isso, adequada sua adição para **se reduzir o calor de hidratação do cimento**.





A vantagem da pozolana consumir uma parte do hidróxido de cálcio é que este, quando disponível no concreto, pode se combinar com sulfatos do meio que se infiltram no concreto, gerando compostos expansivos como a etringita, altamente prejudiciais ao concreto. Portanto, a adição de pozolana evita que haja disponibilidade de hidróxido de cálcio no concreto para se combinar com a etringita, sendo particularmente interessante no caso de cimentos resistentes a sulfatos, como veremos mais à frente.

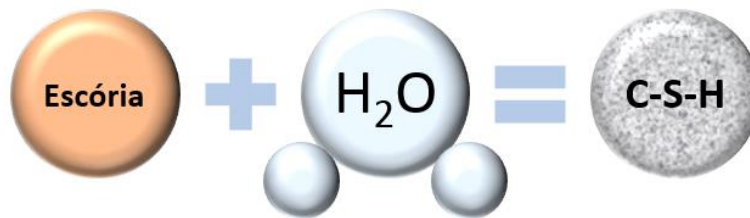


**Figura 8: formação de C-S-H pela pozolana**

Embora as pozolanas **liberem pouco calor** durante sua reação com o  $\text{Ca(OH)}_2$  em comparação com a hidratação do cimento, elas possuem a desvantagem de uma **velocidade de reação** bem mais **lenta** que a do cimento. Trata-se de uma adição tão conhecida que foi utilizada já na época da construção do Coliseu em Roma. Por fim, as adições de pozolanas possuem também a vantagem de ocupar espaços vazios dentro do concreto, **reduzindo** sua **porosidade** e **aumentando** sua **durabilidade**, resistindo inclusive ao ataque por sulfatos.

#### Escória de alto-forno

Considerada um resíduo da indústria siderúrgica, a escória é composta por óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); logo trata-se de composição **semelhante** à do **clínquer**. Assim, a escória também possui características de **aglomerante hidráulico** (Figura 9), formando compostos resistentes pela simples hidratação, sem necessidade do  $\text{Ca(OH)}_2$ . Embora não consuma  $\text{Ca(OH)}_2$ , estando menos resistente ao ataque de sulfatos do que o cimento com pozolanas, a mistura com escória tem a vantagem de proteger melhor o concreto contra a corrosão do aço, pois a utilidade do hidróxido de cálcio é, entre outros fatores, contribuir para manter o pH do meio básico, dificultando a corrosão do aço presente no interior da estrutura.



*Figura 9: formação de C-S-H pela escória*

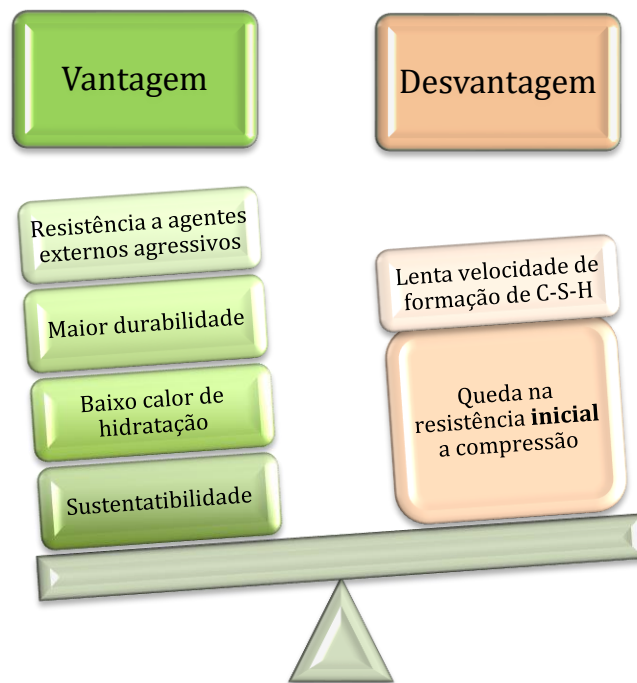
As escórias também possuem uma **hidratação muito lenta**, a não ser que haja um alto **pH (maior que 12)**, como o obtido ao misturá-la no cimento **Portland**. Essa adição permite não só se reduzir a liberação de calor de hidratação do cimento, como também o aumento da impermeabilidade do futuro maciço de concreto e da sua resistência ao ataque de sulfatos. Portanto, seus efeitos são análogos aos da pozolana.



Atenção, há uma **desvantagem importante** em substituímos cimento por escória ou pozolana: a **queda na resistência a compressão**, sobretudo nas idades iniciais. Esses dois aditivos possuem lenta velocidade de formação, sendo que, em obras, trabalhamos geralmente com 28 dias de prazo para se atingir a resistência de projeto, ou até menos para já utilizarmos plenamente a peça concretada. Logo, os ganhos de durabilidade e de resistência a um meio externo agressivo ao empregarmos essas adições são reduzidos por essa desvantagem do lento ganho da resistência a compressão, atrasando o avanço da obra.

Por fim, esses dois aditivos são muitas vezes resíduos de outras atividades econômicas, como a siderurgia. O reaproveitamento desses resíduos no concreto na forma de adições representa assim uma solução sustentável para o meio ambiente, pois evita-se gastos buscando longas jazidas de rochas para cimentos, ao mesmo tempo em que se reaproveita comercialmente resíduos da indústria.





**Figura 10: balança de vantagens e desvantagens da adição de pozolanas e escória de alto-forno em substituição a uma parcela do cimento**

## Fíler

O nome fíler provém do chamado efeito fíler, que é o **preenchimento de vazios** no concreto. Basicamente, o material do tipo fíler apresenta pequenas dimensões, da ordem de 0,063 mm de diâmetro, dimensão da mesma ordem de grandeza do grão de cimento, sendo um **exemplo** de fíler o **carbonato de cálcio** ( $\text{CaCO}_3$ ). Esse tipo de material se diferencia das pozolanas e das escórias de alto-forno por não ter propriedades hidráulicas ou de ganho de resistência ao reagir com os compostos do cimento, sendo **quimicamente inerte**.

A **ação do fíler** no cimento é muito mais **física** do que química, pois ao preencher os pequenos espaços do concreto, atua dando maior sustentabilidade para a mistura, propriedade que chamamos de **compacidade**. Ao reduzir o volume de vazios da mistura, a incorporação do fíler também resulta em um **menor teor de água a se acrescentar para deixar o concreto mais trabalhável**, pois não será mais necessário que a água preencha todos vazios que antes existiam, uma vez que agora parte deles são ocupados pelo fíler.

Uma outra função do fíler é a formação de **pontos de nucleação**, que nada mais são do que núcleos que atraem os hidróxidos de cálcio para a precipitação em torno desses núcleos. O resultado é que o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , que geralmente forma grandes cristais de baixa resistência, levando a ocorrência de pontos de fraqueza no concreto, forma cristais menores, uma vez que o fíler propicia vários núcleos dispersos no concreto. Assim, reduzem-se a formação de planos de fratura e a concentração de hidróxido de cálcio em certas regiões do elemento concretado.



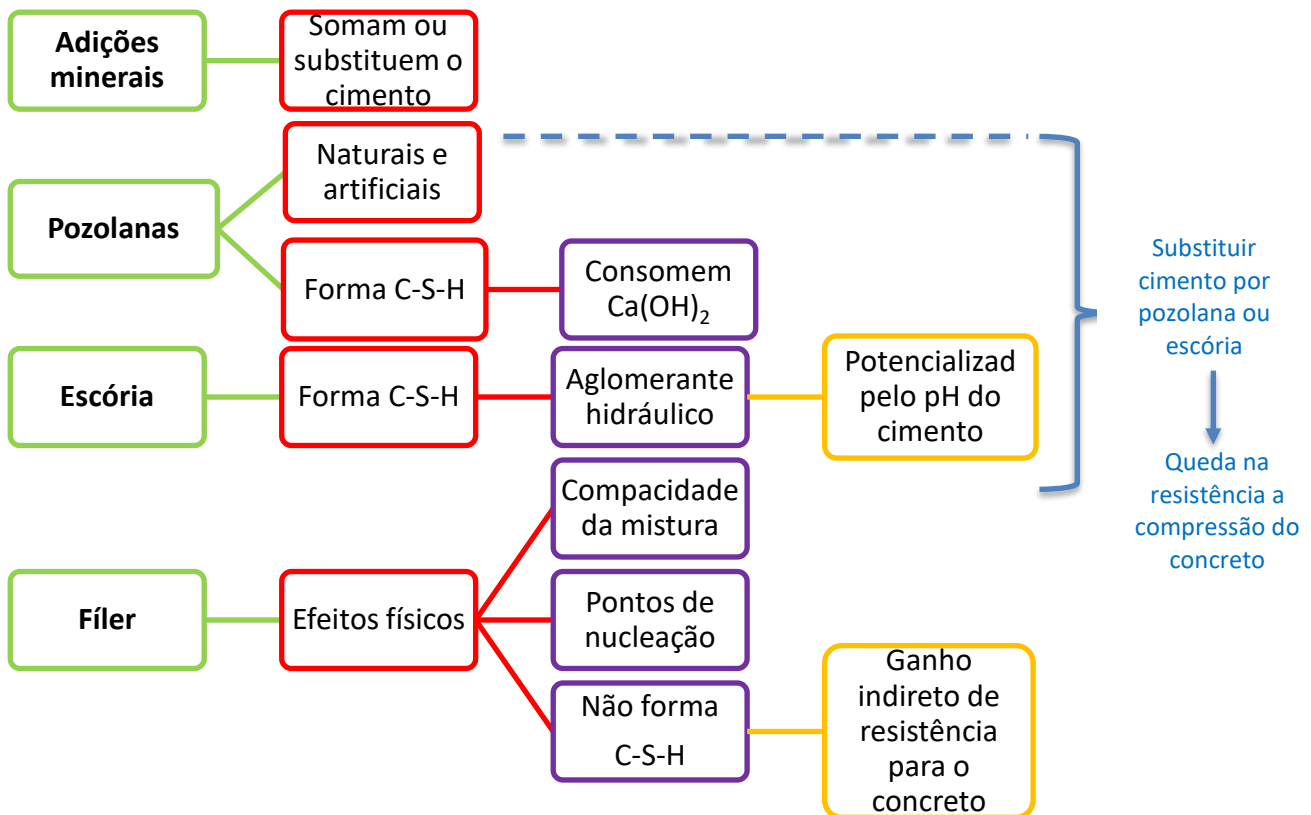
## CURIOSIDADE

Uma propriedade importante do concreto, sua resistência a compressão, varia inversamente com o teor de água, quando este ultrapassa a quantidade de água necessária para hidratação do cimento. Dessa forma, quanto maior esse excesso de água, menos resistente é o concreto. O motivo é que parte da água excedente se evapora, levando à formação de poros no maciço concretado ao longo do tempo. Com a adição de fíler, economizamos água no concreto, **ganhando indiretamente resistência a compressão**, trazendo grandes vantagens ao concreto no longo prazo.



A banca vai tentar utilizar palavras com as quais você não está acostumado para tentar te confundir. Assim, ao invés da banca dizer que a adição do fíler vai reduzir a permeabilidade do concreto, ela vai ainda acrescentar que reduzirá a capilaridade do material. Saiba que capilaridade é uma propriedade comum na água de aderir à parede de canais ou poros de um material. Assim, no caso do concreto, estamos nos referindo à absorção de água por capilaridade, que é uma medida indireta da porosidade do concreto. Logo, como o **fíler** preenche os vazios do concreto, ele **reduz** também a **capilaridade** da mistura.





### FCC - TRT 15 - Anal. Jud. - Eng Civil – Questão para fixação

Quando presentes no cimento os materiais carbonáticos finamente divididos são conhecidos como fíler calcário. Tal adição nos concretos e nas argamassas

- a) aumentam a trabalhabilidade e diminuem a permeabilidade e a capilaridade.
- b) aumentam a trabalhabilidade e a permeabilidade e diminuem a capilaridade.
- c) diminuem a trabalhabilidade e aumentam a permeabilidade e a capilaridade.



d) diminuem a trabalhabilidade, a permeabilidade e a capilaridade.

e) aumentam a trabalhabilidade, a permeabilidade e a capilaridade.

**Comentários:** A adição de fíler, como vimos, reduz os vazios do concreto, reduzindo também a quantidade de água necessária para se adicionar para se manter uma dada trabalhabilidade no lançamento. Com o maior preenchimento dos vazios pelo fíler, tem-se ainda uma menor permeabilidade do concreto, impactando também em uma menor capilaridade.

**Gabarito: “a”.**

### IBFC - 2017 - EBSEH - HUGG - Eng. Civil - Adaptado

Para melhorar as características do concreto, analise a afirmativa a seguir.

Como adições minerais utilizam escória de alto-forno (resíduo do processo de produção do aço), materiais pozolânicos (argilas calcinadas e finamente moídas, cinza de casca de arroz, cinzas volantes, sílica ativa.) A sílica ativa atua na zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado graúdo, onde se verifica em concretos comuns grande quantidade de portlandita, repercutindo em considerável enfraquecimento da ligação e, conseqüentemente da própria resistência do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** é isso mesmo, a zona de transição do concreto é uma região de fraqueza próxima aos agregados graúdos, onde se verifica a formação de grandes cristais de hidróxido de cálcio. O material pozolânico consome o hidróxido de cálcio, produzindo um cristal muito mais resistente, o C-S-H.

**Gabarito: “certo”.**

## Tipos de cimento

Há uma grande variedade de cimentos que permitem ao construtor enfrentar grandes desafios em um projeto, tais como acelerar uma obra, resistir a grandes esforços em uma barragem de grande porte ou mesmo construir em ambientes agressivos. Veremos agora os principais tipos de cimentos, mas não se prenda às informações que não estão marcadas em cor, pois são detalhes que compõem o conteúdo, mas que não são muito cobrados em concursos.

- **CP I:** é o cimento adequado quando não há necessidade de um concreto com propriedade especial, sendo por isso chamado de **cimento** Portland **comum**. É basicamente constituído por **95** a 100% de **clínquer** e **gesso**.
  - Esse cimento admite adições de escória, pozolana ou material carbonático (um tipo de fíler) em até 5%;

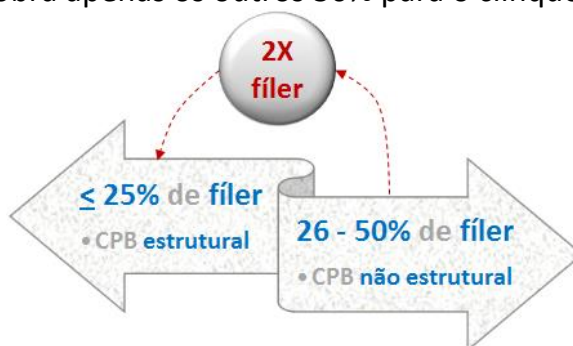


- **CP I-S:** diferentemente do anterior, o CP I-S apresenta até **10% de fíler** (material carbonático), que permite reduzir a sua permeabilidade.
  - Não se admite escória nem material pozolânico no CP I-S;
- **CP II:** chamado **cimento Portland composto**, esse tipo caracteriza-se por uma adição mineral ao cimento (daí o nome composto), modificando suas propriedades. Trata-se do tipo de cimento **mais encontrado no mercado** brasileiro, possuindo **relativo baixo calor de hidratação**. Divide-se em **3 subclasses**, com propriedades aproximadamente equivalentes entre elas:
  - **CP II-E:** cimentos com adição de **escória de alto-forno** de **6 a 34%**, com baixo calor de hidratação, alta resistência a sulfatos e impermeabilidade.
    - Além da escória, que é a principal característica do CP II-E, ainda se admite a presença de material carbonático (fíler) em até a 15%;
  - **CP II-Z:** cimento com adição de **pozolana até** o limite de **14%**, esse CP II caracteriza-se pela baixa permeabilidade e alta durabilidade, sendo adequado a **obras subterrâneas** com **contato com a água, marítimas e industriais**.
    - Assim como o CP II-E, esse tipo II-Z também permite a adição de até 15% de fíler.
  - **CP II-F:** cimento com adição de **filler** de **11 a 25%**, que desempenha a função de preenchimento de vazios, sem formação de subprodutos como C-S-H;
- **CP III:** trata-se de um cimento adequado a ambientes agressivos, tais como obras de esgotamento sanitário, pavimentação e barragens. Possui mistura com **escória de alto-forno** variando entre **35 a 75%**, sendo **mais durável do que resistente**. Devido ao alto teor de escória, denomina-se **cimento de alto-forno**.
  - Observe que o teor de escória nesse cimento é muito maior que no cimento composto CP II-E, cujo máximo teor é de 34%;
  - É permitido que até 10% de sua composição seja em material carbonático (fíler).
- **CP IV:** também chamado de **cimento pozolânico**, esse cimento caracteriza-se pelo **baixo calor de hidratação**. A necessidade de limitação da temperatura no concreto é maior quando se trabalha com grandes volumes de concretagem, pois nesse caso não se pode fazer concretagem de grandes espaços de uma só vez. Caso se fizesse grandes concretagens de uma só vez, a temperatura do volume concretado aumentaria muito, podendo gerar muitas fissuras no maciço. Utiliza-se nessas situações o tipo IV, que permite **maiores concretagens** devido à baixa liberação de calor na hidratação. Para isso, esse cimento apresenta de 15 a 50% de material pozolânico em sua composição. Como exemplo prático, temos a aplicação desse cimento em **pavimentos e barragens** por meio do **concreto compactado com rolo (CCR)**, onde há geralmente grandes extensões a se concretar. Por apresentar resistência a ambientes agressivos, o CP IV também pode ser empregado em obras de saneamento.
  - Analogamente ao CP III, observe, para facilitar entendimento, que o cimento tipo IV possui **até 50% de pozolana**. Observe que o teor de pozolana no CP IV pode ser mais do dobro no caso do CP II-Z.
  - Admite-se até 10% de sua composição em fíler;
- **CP V-ARI:** caracteriza-se pela **alta resistência inicial** (da sigla “ARI”), resultado da moagem do cimento (também chamado clínquer), que **mais fino**, reage mais rápido com a água. A **presença de C<sub>3</sub>S** é também **maior** do que no cimento comum, de modo que a resistência do



concreto se desenvolve bem mais rápido, sendo muito utilizado em obras de rápida execução. Um exemplo de aplicação é em projetos com **prazos de desforma** muito **reduzidos**, com o fator **tempo** tendo **grande importância** para o sucesso do empreendimento, tal como em shopping centers.

- Assim como o CP III e CP IV, permite-se que até 10% de sua composição seja de fíler.
- **CPB**: denominado cimento Portland branco, possui em sua composição o **caulim** em vez de argila, bem como baixo teor de minerais de coloração escura, tais como ferro e manganês. O CPB pode ainda receber o acréscimo de outros pigmentos, quando queremos fazer um cimento colorido, porém não há norma para esse cimento com diferentes cores. O CPB é normalizado pela NBR 12989 e há 2 tipos basicamente: **estrutural** e **não estrutural**. O primeiro é muitas vezes escolhido por motivos arquitetônicos em estruturas aparentes, enquanto o último é indicado para rejunte de revestimentos e acabamentos. É permitida a adição material carbonático (fíler) ao CPB, sendo que o teor diferencia-se conforme a função do cimento (Figura 11):
  - **Estrutural**: até 25% de material carbonático;
  - **Não estrutural**: de 26 a 50% de material carbonático, ou seja, pode-se **dobrar** a adição de **fíler** no concreto não-estrutural, **barateando** em muito o material. Afinal, quando se tem 50% de fíler, sobra apenas os outros 50% para o clínquer.



**Figura 11: diferença entre cimento branco estrutural e não estrutural em termos de composição**



Não caia na história de que o cimento Portland branco é menos resistente só por ser branco. A **cor escura** do tradicional cimento cinza é **resultado** da presença de **Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, que é o óxido de ferro. Esse óxido não afeta a resistência do material, sendo os silicatos (C<sub>3</sub>S e C<sub>2</sub>S) os principais responsáveis pela resistência do cimento.

O **cimento** Portland **branco** (CPB) pode muitas vezes possuir **resistência** que chega ao **dobro** da verificada no **cimento normal**, além de ter **vantagens** como maior **luminosidade** devido á menor absorção da luz incidente, bem como maior **plasticidade**. Esta última resulta na moldagem do concreto ou argamassa com cimento branco em múltiplas formas, com aplicação em



**acabamentos, rejuntas** e na confecção de **estátuas**. Outro ponto que favorece esse uso é a alta **durabilidade** desse material. Utiliza-se o cimento branco também na fabricação de um **piso** chamado **granilite**, que ao contrário do nome, é uma mistura (dizemos que se trata de um piso composto) de mármore com cimento branco. Como **desvantagem**, o cimento Portland branco tem um **custo**, que chega a ser 50% superior que o do cimento comum.

Para se garantir a tonalidade branca do CPB, são utilizadas matérias-primas com teores muito baixos de óxidos de ferro. Na prática, é comum o uso de caulim e giz ou calcário, que vão compor o chamado clínquer branco. O problema da ausência de óxido de ferro é que este óxido ele facilita a fusão e mistura dos materiais no forno; logo, para se compensar essa deficiência, trabalha-se com temperaturas maiores no forno do CPB, o que explica o maior custo deste cimento.

### 2 nomes complementares à classificação dos cimentos

A **NBR 16697:2018** **permite** a **adição de fíler a todos os tipos de concreto** em diferentes teores, visto que essa adição pode agregar propriedades ao concreto tornando concretagens mais viáveis.

Há ainda duas terminologias que podem ser acrescentadas aos tipos de cimento vistos, desde que comprovadas as suas propriedades. São elas:

- **CP RS**: conhecido com cimento **resistente a sulfatos** (da sigla “RS”), é uma solução adequada para casos de grande **agressividade do meio** por ataques de sulfatos, como no caso de **obras de saneamento**, em regiões **litorâneas** e **marítimas**. Para se obter essa resistência, tem-se a **limitação no teor de C<sub>3</sub>A** (Aluminato tricálcico), pois trata-se de um composto que reage com sulfatos, expandindo-se e levando à desagregação do concreto. Pode ainda haver a adição de escória e pozolanas, já que reduzem a porosidade do concreto, dificultando a penetração de sulfatos. Não se trata de um novo tipo de cimento, podendo qualquer um dos cimentos se encaixar nessa terminologia, desde que comprovadas suas propriedades.
- **CP BC**: criado para proporcionar **baixo calor de hidratação** (BC), essa terminologia é adequada para cimentos em obras com **concretagens de grandes peças estruturais**, pois a produção de fissuras é muito reduzida.

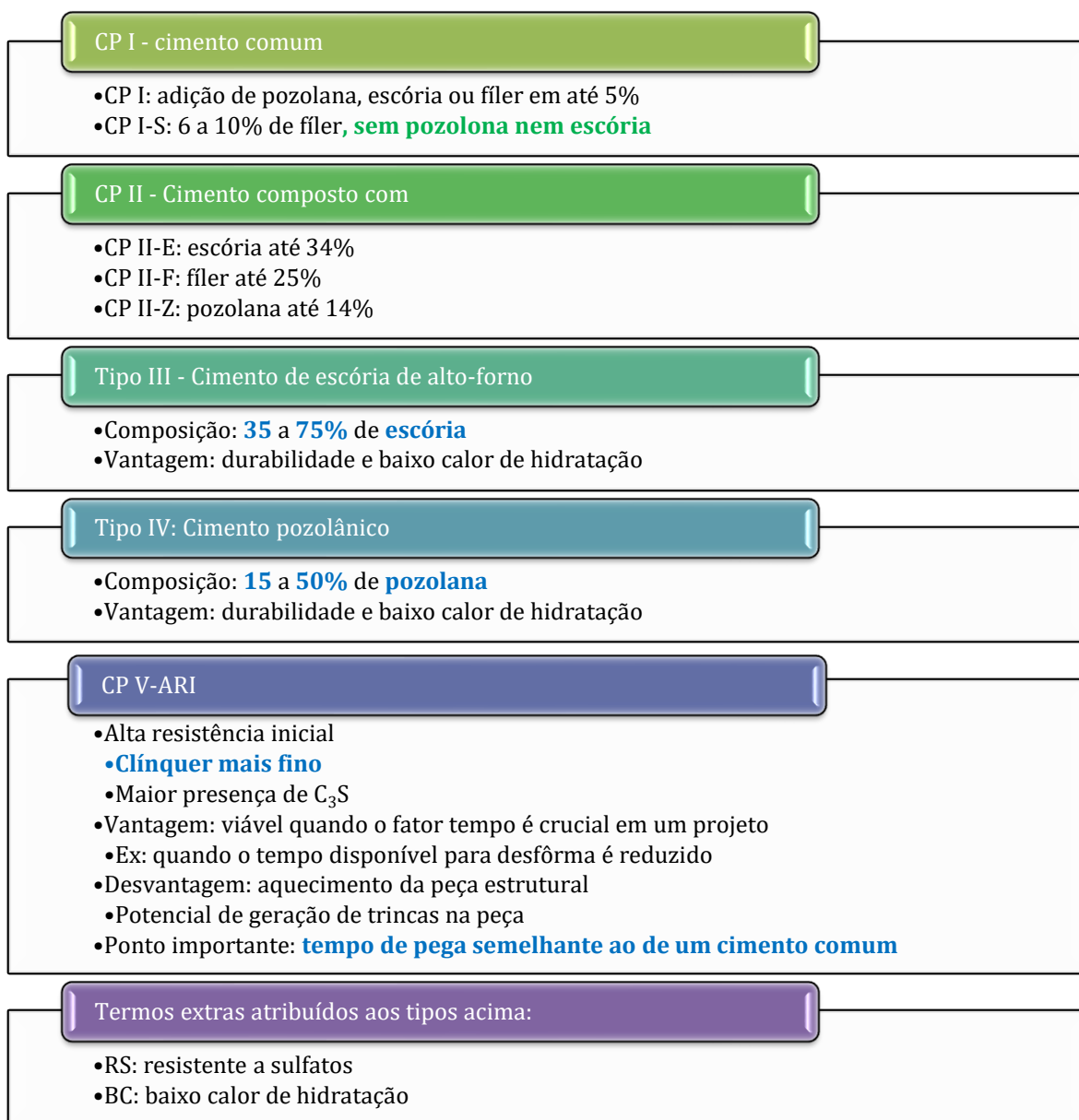


**TOME NOTA!**

Atenção, o fato da resistência do CP V-ARI se desenvolver mais rapidamente do que um cimento comum **não significa que a pega do cimento ARI ocorra também mais rapidamente**. O motivo é que a pega está ligada ao endurecimento da pasta ou concreto e não ao seu ganho de resistência. Como vimos, a pega inicial deve ser superior a 1 hora para a mistura não perder trabalhabilidade, podendo ser transportada e lançada. Por isso, **os tempos de pega em cimentos de alta resistência e em um cimento comum são praticamente os mesmos**. A diferença entre eles será ao longo dos dias, quando os cimentos ganharão resistência em velocidades diferentes.



Há ainda uma desvantagem importante do tipo V-ARI: ele não deve ser utilizado em obras com grandes concretagens, como é o caso de barragens em concreto. O problema é que esse tipo de cimento esquenta muito, necessitando de grande controle da sua temperatura para se evitar a geração e trincas no maciço. Posteriormente estudaremos essa geração de trincas devido à variação térmica do cimento.



**Figura 12: os principais tipos de cimento**



Como há muitas informações sobre as classes de cimento, sugiro focar no teor de escória do cimento CP III e no teor de pozolana do cimento CP IV. Caso uma questão peça os teores para o cimento composto (tipo II), basta saber que seus teores estarão na faixa percentual logo abaixo do CP III e do CP IV.



Atenção, dentro de cada tipo de cimento, há várias **classes de resistências a compressão** que o material **atinge para uma idade padrão** (que é de 28 dias, como veremos posteriormente). Assim, cimentos como o CP II e o CP III podem ser fabricados para desenvolver 3 resistências, que são de 25, 32 e 40 MPa com 28 dias. Dessa forma, o CP II receberá a denominação de CP II-25, CP II-32 e CP II-40 e, da mesma forma, o CP III receberá denominação correspondente.

Tá lembrado que uma das vantagens do cimento era sua resistência a compressão? Por isso, quando trabalhamos com classes de resistência, o esforço padronizado para categorização de cada tipo de cimento é esse esforço de compressão.

Há 2 particularidades quanto aos valores das resistências, que são:

- **CP V ARI** deve possuir resistência com 1 dia maior ou igual a **14 MPa**;
- **Demais tipos** de cimento possuem as 3 classes de resistência **25, 32 e 40 MPa**, inclusive o cimento branco.

Não precisa decorar essas resistências, basta saber que sempre temos 3 valores de resistência, exceto no tipo V-ARI.

**Tabela 2: Classes de resistência dos tipos de cimento**

Tipo	Denominação	Classe de resistência a compressão (MPa)
I	Comum	25, 32 e 40
II	Composto	25, 32 e 40
III	De alto-forno	25, 32 e 40
IV	Pozolânico	25, 32 e 40
V	De alta resistência inicial	Valore específicos
CPB	Branco	25, 32 e 40



## Cimentos especiais

Nem sempre os cimentos Portland são suficientes para todas as demandas da indústria de concreto. Por isso, vários outros tipos de cimento foram desenvolvidos, muitas vezes combinando o clínquer do Portland com outros materiais. Vejamos os principais tipos.

### Cimento supersulfatado (CSS)

Há um tipo particular de cimento chamado de supersulfatado ou também de **cimento de escória**, desenvolvido a partir do reaproveitamento de subprodutos da indústria e sem a ocorrência do processo de calcinação (decomposição da rocha de calcário), sendo, por isso, praticamente livre da emissão de dióxido de carbono em sua produção. Sua composição é de **80 a 85% de escória de alto-forno** e **15 a 20% de sulfato de cálcio**, além de um ativador alcalino (podendo ser o cimento Portland). Assim, diferentemente do cimento Portland, o supersulfatado não provém necessariamente do clínquer, mas sim da escória. Esse cimento foi particularmente utilizado na II Guerra mundial devido à carência de materiais na Europa.

Como vantagens do cimento supersulfatado, temos o **baixo calor de hidratação** e **alta resistência a ambientes agressivos**. Como consequência, trata-se de um cimento adequado a ambientes em contato com a **água do mar**, que se caracteriza pela presença de sulfatos. Além disso, esse material é também resistente a ação de alguns **ácidos** (carboníferos) e **óleos**. No Brasil o CSS ainda não é normalizado, porém já foi cobrado em provas, sendo considerado um cimento especial.

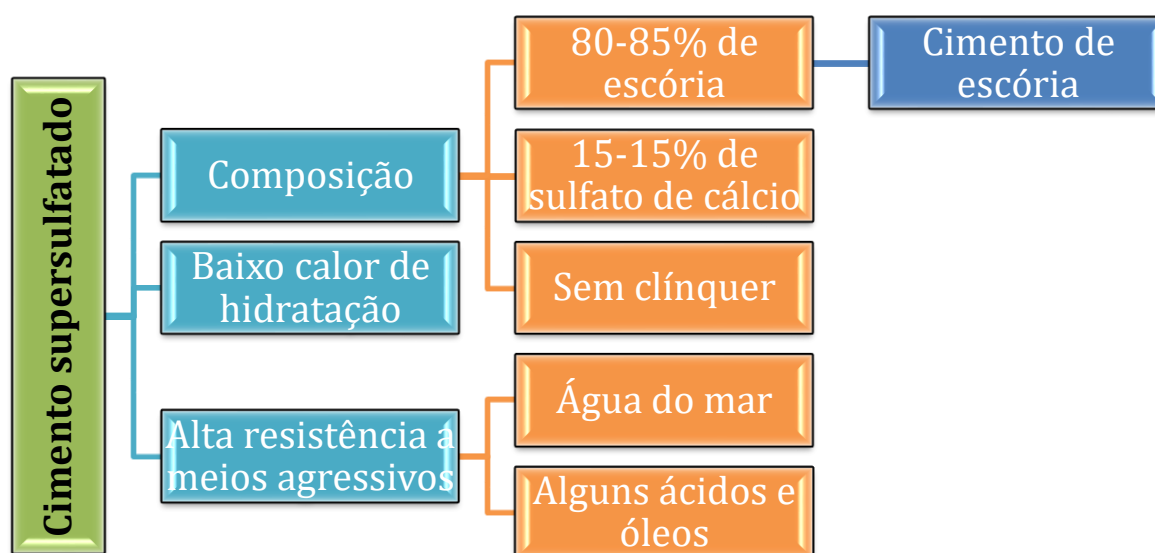


Figura 13: esquema do cimento supersulfatado

### Cimento de aluminato de cálcio (CAC)

Com alto teor de alumina (do mineral bauxita), o cimento com aluminato, também chamado **cimento aluminoso** ou **cimento fundido**, possui alta reatividade e, por isso, resulta em um material de **alta resistência inicial** e **rápida pega**, mesmo a baixas temperaturas. A diferença em relação ao cimento de pega e endurecimento rápido é que o teor de aluminato de cálcio é superior, geralmente de cerca de 50%.

Contudo, esse cimento apresenta-se **instável**, pois seu produto de hidratação pode se transformar em outras fases, de menor **resistência** e **mais poroso**, não sendo, por isso, adequado para uso estrutural. Essa instabilidade não ocorre sob altas temperaturas, explicando também o uso desse material como **refratário em fornos**.

Uma vantagem do CAC é a **alta resistência ao ataque por ácidos e sulfatos**. O motivo é que seus produtos de hidratação não incluem o hidróxido de cálcio, diferentemente do que ocorre no cimento Portland. Na verdade, esse cimento foi desenvolvido justamente para ambientes com sulfatos, tais como em instalações que receberão efluentes urbanos.

### Cimento de pega e endurecimento rápido

O cimento **CP V-ARI** é de **alta resistência inicial**, mas **não é de pega rápida**, porque possui tempos de início e de fim de pega similares aos dos demais cimentos. Porém, é possível misturar o cimento Portland com o cimento de aluminato de cálcio para se obter tempos de pega curtos e alta resistência inicial.



Lembre-se que o **aluminato de cálcio** é muito reativo, impondo a necessidade de adição de gesso ao cimento para se retardar sua reação. Essa técnica de emprego de cimento com pega e endurecimento rápidos é comumente empregada **em países de climas frios**.



#### FCC - TRF 3 - Eng. Civil - 2014

O cimento Portland de alto-forno é o aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland e escória granulada de alto-forno, moídos em conjunto ou em separado. As classes correspondentes ao cimento Portland de alto-forno são:

- a) CP IV-25 e CP IV-32.



- b) CP III-25, CP III-32 e CP III-40.
- c) CP II-25 e CP II-32.
- d) CP V-25 e CP V-32.
- e) CP IV-25, CP IV-32 e CP IV-40.

**Comentário:** sabemos que o cimento Portland de alto-forno é aquele que apresenta um alto teor de escória, cujo tipo é o CP III. Além disso, apenas o CPV-ARI não possui 3 classes de resistência, não sendo o nosso caso. Logo, há 3 classes de resistência para esse cimento, sendo, pois, correta a letra b.

**Gabarito: “b”.**

#### **FCC - TRT 16 - Eng. Civil - 2014**

Os tipos de cimento Portland são designados de acordo com sua composição e o tipo de adições utilizadas. As siglas CP II-E, CP II-Z e CP II-F referem-se, respectivamente, ao cimento Portland

- a) de alto-forno, cimento Portland pozolânico e cimento composto com fíler.
- b) de alto-forno, cimento Portland composto com pozolana e cimento Portland comum com adição de fíler.
- c) composto com escória, cimento Portland composto com pozolana e cimento Portland composto com fíler.
- d) composto com escória, cimento Portland de alto-forno e cimento Portland comum com fíler.
- e) composto com escória, cimento Portland pozolânico e cimento Portland comum com adição de fíler.

**Comentários:** Atenção, cimento tipo II só pode ser cimento composto, não é cimento de alto-forno, pois este último necessita de um teor de escória de no mínimo 35%. Da mesma forma, a classificação do enunciado em CP II-Z não pode ser o cimento pozolânico, pois este cimento possui teor pozolânico maior que 15%, enquanto o do CP II-Z é menor. Por fim, o CP II-F não é cimento comum, mas sim composto, designação padrão para o tipo II.

**Gabarito: “c”.**

#### **FCC – TRT 5 - Eng. Civil – Questão para fixação**





Em uma indústria localizada na região litorânea do norte do estado da Bahia, na execução de tubos e canaletas para a condução de líquidos agressivos e efluentes industriais, recomenda-se o uso de cimento Portland

- a) de baixo calor de hidratação.
- b) comum.
- c) branco.
- d) de alto-forno e cimento pozolânico.
- e) composto com escória.

**Comentários:** vejamos a situação, um ambiente agressivo, por se tratar de área ao mesmo tempo industrial, litorânea e com finalidade de escoar efluentes industriais. Percebe-se que a durabilidade e a resistência a sulfatos serão propriedades essenciais na escolha do tipo de cimento. Assim, vejamos cada alternativa:

- a) O calor de hidratação não possui relação por si só com a resistência a ambientes agressivos. Errado.
- b) O cimento comum não possui nenhuma propriedade especial que lhe confira maior durabilidade ou resistência a sulfatos. Item errado.
- c) O cimento branco possui sobretudo diferencial estético com finalidades arquitetônicas. Errado.
- d) O cimento de alto-forno possui altos teores de escória, enquanto o pozolânico, altos teores de pozolana, além dos cimentos compostos. Assim, ambos materiais contribuem para a redução da porosidade do concreto e resistência a ação de sulfatos. Correto.
- e) O cimento composto de escória, caso fosse utilizado em um ambiente de baixa agressividade, seria adequado, por apresentar teores limitados de escória (menor que 15%). O enunciado da questão é bem claro em explicar a confluência de 3 situações de agressividade ambiental: projeto em ambiente litorâneo, mais precisamente em uma área industrial e com finalidades de escoar efluentes industriais. Aplicar simplesmente um cimento tipo II-E seria colocar em risco a durabilidade da construção.

**Gabarito: “d”.**

### **CESPE – PF - Área 7 – Questão para fixação**

O bom desempenho de uma obra de concreto depende da qualidade dos materiais de construção e da qualidade da execução. No que diz respeito a obras em concreto, julgue o item a seguir.

A composição química e a finura do cimento não alteram a resistência do concreto à compressão.



( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** tanto a composição do concreto como sua finura vão alterar sua resistência. Como exemplos, temos as adições tais como pozolanas e escórias de alto-forno, que influenciam nas reações de hidratação do cimento. Vimos também que a finura é fator muito importante na velocidade de reação. Portanto, há muita influência dessas variáveis sobre a resistência a compressão do concreto.

**Gabarito:** “errado”.



### FCC - TCM-CE – ACE – Questão para fixação - Adaptado

Sobre obras em ambientes agressivos, considere:

- I. No que diz respeito à resistência química dos concretos às ações agressivas, é necessário considerar dois fatores: a porosidade do concreto e a resistência química do aglomerante.
- II. As alterações químicas resultam principalmente da presença de hidrato de cálcio livre ou de aluminatos de cálcio.
- III. Os cimentos de alta resistência inicial são geralmente de mais alta resistência química, pois o C<sub>3</sub>S (silicato cálcico) é o maior responsável pela liberação da cal.

Está correto o que se afirma em

- a) I, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) I, II e III.
- d) II e III, apenas.
- e) III, apenas.

**Comentários:** vejamos cada alternativa:

- I. De fato, a resistência química depende tanto da porosidade do concreto, que afeta a durabilidade no longo prazo, quanto do seu aglomerante, que pode ser vulnerável ou não a ataques externos. Correto.
- II. A cal livre hidratada (hidrato de cálcio livre) é muito expansiva, levando ao surgimento de trincas no concreto. Os aluminatos de cálcio, por outro lado, reagem com os sulfatos, formando também cristais expansivos. Portanto, trata-se de 2 tipos de alterações químicas que podem ocorrer nos concretos. Correto.



- III. O cimento ARI caracteriza-se pela maior presença de  $C_3S$  do que  $C_2S$ , pois o  $C_3S$  hidrata-se muito mais rapidamente, desenvolvendo resistência a compressão já nos primeiros dias. Vimos que o silicato  $C_3S$  possui mais átomos de cálcio e, por isso, produz mais hidróxido de cálcio. A resistência química depende diretamente do pH do meio, logo, aquele concreto que produz maior quantidade de base ( $Ca(OH)_2$  é uma base) terá uma maior resistência química. Item correto.

**Gabarito: “c”.**

#### **CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O cimento Portland de alta resistência inicial é indicado quando há necessidade de remoção rápida das fôrmas.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** O concreto CP V-ARI desenvolve a resistência mais rapidamente ao longo dos primeiros 28 dias, sendo sobretudo utilizado quando se exige um tempo menor de desforma. É um material essencial quando se tem pouco tempo para avançar com a obra.

**Gabarito: “certo”.**

#### **CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O cimento supersulfatado, conhecido como cimento de escória, possui alta resistência à água do mar.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** vamos lembrar as propriedades do cimento supersulfatado:

- resistência a água do mar;
- resistência a ácidos e óleos;
- baixo calor de hidratação;
- 80 a 85 de escória de alto-forno e 10 a 15% de sulfato de cálcio.



Portanto, a questão está correta, pois trata-se de um cimento de escória, tendo alta resistência à ação da água do mar.

**Gabarito: “certo”.**

### **CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O tempo de pega do cimento Portland de alta resistência inicial é inferior ao do cimento Portland comum.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** o tempo de pega do cimento CP V-ARI é praticamente o mesmo do de um cimento comum, já que o tempo de pega está ligado ao ganho de consistência, e não, ao ganho de resistência.

**Gabarito: “errado”.**

### **COMPERVE – 2017 – MPE-RN – Ana. Eng. Civil**

Os cimentos Portland são largamente utilizados na construção civil, sendo possível encontrar vários tipos que são comercializados com diferentes designações, de acordo com os tipos de adições utilizadas, as características físicas e as composições químicas de cada cimento. Portanto, a escolha do cimento mais adequado para ser usado em uma determinada obra de engenharia deve estar pautada no conhecimento das propriedades de cada um deles. Nesse contexto, é correto afirmar que

- a) uma das características do cimento Portland do tipo CP V ARI é a de conter, em sua composição, altos teores de silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S).
- b) uma das características do cimento Portland resistente aos sulfatos é a de conter, em sua composição, baixo teores de silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S).
- c) os cimentos Portland do tipo CP II F são recomendados para obras que necessitem de baixo calor de hidratação devido aos altos teores de filer pozolânico em sua composição.
- d) os cimentos Portland do tipo CP IV são recomendados para obras de elevada classe de agressividade devido aos altos teores de pozolanas na sua composição.

**Comentários:** vamos analisar cada alternativa:

- a) O cimento tipo CP V-ARI não contém altos teores de C<sub>2</sub>S, mas sim de C<sub>3</sub>S, que é o silicato tricálcico. Errado.
- b) Não, o cimento Portland resistente a sulfatos tem baixos teores de C<sub>3</sub>A, que é o aluminato tricálcico, e não de C<sub>3</sub>S, silicato tricálcico. Errado.



- c) O CP II-F, como a própria letra “F” indica, possui apenas adição de fíler. Portanto, não há que se falar em pozolana, pois esse cimento não possui materiais pozolânicos, apenas carbonáticos. Errado.
- d) Conforme vimos, está correto, pois o CP IV à presença de pozolanas em até 50% de sua composição, sendo adequado o uso desse cimento em ambientes agressivos. Correto.

**Gabarito: “d”.**

### **CESPE – FUB - 2015 – Eng. Civil**

No mercado brasileiro, há diversos tipos de cimento Portland, que se diferenciam, principalmente, em função de composição química, formas de adição e propriedades físicas, cabendo ao engenheiro definir o cimento adequado ao projeto de engenharia, bem como realizar o controle tecnológico e estabelecer o correto armazenamento desse material. Com relação a tipos, propriedades, controle tecnológico e armazenamento do cimento, julgue o item subsequente.

Os cimentos mais escuros — aqueles com maior teor de óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ) — apresentam maior resistência que os claros.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** essa questão tenta te pegar com o senso comum, que atribui à cor cinza do cimento uma maior resistência que o branco. Nada disso, o cimento branco pode sim ser mais resistente que o tradicional.

**Gabarito: “errado”.**

**Essa próxima questão teve suas alternativas adaptadas para ficar um pouco mais difícil.**

### **UFMT - 2016 - TJ-MT – Ana. Judiciário – Eng. Civil**

Na primeira coluna, estão apresentadas as siglas dos cimentos Portland e na segunda coluna, a especificação desses tipos de cimentos. Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

1 – CP I	( ) Cimento Portland Pozolânico
2 – CP II	( ) Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
3 – CP III	( ) Cimento Portland Comum
4 – CP IV	( ) Cimento Portland de Alto-Forno
5 – CP V	( ) Cimento Portland Composto

Assinale a sequência correta preenchendo na segunda coluna os números correspondentes da primeira.



- a) 3, 5, 1, 4, 2
- b) 4, 5, 1, 3, 2
- c) 4, 3, 1, 2, 5
- d) 3, 4, 1, 5, 2

**Comentários:** vamos analisar cada parêntesis:

1º parêntesis: O cimento Portland pozolânico é o que possui mais pozolana, sendo, portanto, o CP IV. Número 4.

2º parêntesis: O cimento Portland de alta resistência inicial, ARI, é o último tipo, o de número mais alto, ou seja, o CP V. Número 5. A sequência fica 4, 5, \_\_, \_\_.

3º parêntesis: O cimento Portland comum só pode ser o tipo I, ou seja, CP I, pois é o mais simples de todos. Número 1, ficando a sequência 4, 5, 1, \_\_, \_\_.

4º parêntesis: O cimento de alto-forno é aquele que tem muita escória em sua composição, chegando a até 75% de escória. Trata-se, como vimos, do tipo III, ficando a alternativa com o número 3, formando a sequência 4, 5, 1, 3, \_\_.

5º parêntesis: Cimento composto é uma definição dada à categoria II, pois apresenta quantidades significativas de adições minerais, sem contudo serem altas o suficiente para alterar o nome do cimento, como ocorre com o CP III e CP IV. O cimento composto é um tipo de transição entre o CP II e o CP III ou CP IV. Número 2, ficando a sequência 4, 5, 1, 3, 2.

**Gabarito: “b”.**

## AGREGADOS

O concreto possui uma fração caracterizada pela presença de materiais sólidos, baratos, que não participam daquelas reações complexas de hidratação do cimento que vimos. A NBR 7211 corrobora essa visão ao definir os agregados como materiais **inertes**. Cerca de **60 a 80%** do **concreto** são agregados, justificando-se **economicamente**, pois o agregado é bem mais barato

Para se facilitar o trabalho com agregados, a doutrina **classifica** esses materiais quanto à sua **origem** em:

- **Naturais:** obtidos não só diretamente do meio ambiente, mas **sem requerer** processos de **transformação** para se chegar a uma condição de uso;
  - Exemplos: areia e cascalho.
- **Artificiais:** **necessitam de transformação** para sua adaptação às condições de uso.
  - Exemplos: pedra britada, que são rochas que passaram pelo processo de britagem, possuindo como produtos:





- Brita 0: dimensões bem reduzidas, utilizada em peças pré-moldadas e blocos de concreto;
- Brita 1: muito utilizada em obras civis, em vigas, pilares e lajes;
- Brita 2: utilizada em concretos com agregados maiores, sendo comum em pavimentos;
- Brita 3: material mais granular, utilizado como lastro em ferrovias e em obras de drenagem.

Apesar de se prever que o agregado seja inerte, tem-se observado que esses materiais influenciam sim em várias propriedades do concreto, como por exemplo a sua capacidade de se deformar. Várias características do agregado como porosidade, massa específica, forma e textura vão definir uma série de propriedades do concreto, inclusive vão ditar o tipo de alguns concretos. Assim, um agregado com textura mais rugosa tende a criar mais atrito com as demais substâncias do concreto, contribuindo mais para a resistência do concreto caso esse mesmo agregado fosse liso. Vejamos cada uma dessas características e seus impactos.

### Massa específica

A maioria dos agregados nos permite produzir concretos em torno de sua massa específica exigida pela norma NBR 6118, que é entre 2.000 e 2.800 Kg/m<sup>3</sup>. A massa específica dos agregados correntemente utilizados é bem próxima da do concreto, estando entre 2.600 e 2.700 Kg/m<sup>3</sup>. Essa propriedade da massa específica já inclui no cálculo do volume do concreto seu volume de vazios interior, sendo por isso importante para a dosagem do concreto. Afinal, os vazios podem interferir em outras propriedades, tais como absorção de água, como veremos mais a frente.

Agregados com alta massa específica geralmente se deformam muito pouco quando sob a ação de uma carga. Com isso, dizemos que os agregados, sobretudo os densos, têm a **vantagem** em contribuir para a **estabilidade dimensional do concreto**, ou seja, em **impedir deformações excessivas** no concreto. Com o tempo, a **pasta de cimento** vai perdendo água por evaporação para o meio e vai se **retraindo**, o que é, em parte, **contido pelo agregado**.

O conceito de massa específica é tão importante para agregados, que os classificamos quanto a essa propriedade de acordo com a NBR 12655 em:

- **Leves:** massa unitária menor que 2.000 Kg/m<sup>3</sup>
  - Exemplos a **argila expandida**, tufo vulcânico, pedra-pomes, vermiculita e escória sinterizada;
- **Normais:** massa unitária entre 2.000 e 3.000 Kg/m<sup>3</sup>
  - Exemplos: **brita comum, areia natural e seixos**
- **Pesados:** massa unitária acima de 3.000 Kg/m<sup>3</sup>
  - Exemplos: Barita, magnetita, **hematita** e limonita



Essas 3 classes de agregados também podem ser divididas em artificiais e naturais. Por exemplo, temos como agregado leve natural a pedra-pomes e o tufo vulcânico. Já como agregado artificial, temos a argila expandida (vermiculita expandida) e a escória sinterizada.



Leves	Normais	Pesados
<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>&lt;2.000 \text{ Kg/m}^3</math></li><li>• Ex: argila expandida, vermiculita, escória</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>2.000 &lt; \text{Massa unit.} &lt; 3.000 \text{ Kg/m}^3</math></li><li>• Ex: brita comum, areia natural, seixos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <math>&gt;3.000 \text{ Kg/m}^3</math></li><li>• Barita, magnetita, hematita, limonita</li></ul>

Figura 14: classificação do agregado quanto à massa específica

#### Tipos de concreto ligados à densidade do agregado

A categorização por massa específica é tão útil que permite **criar concretos** com características bem particulares, definidos nas NBR 6118:2014 e 12655:2015. Por exemplo, no caso de se buscar um material que blinde radiação de raios X em um hospital, ao invés de se ter altos gastos com placas de chumbo, pode-se fazer o **concreto pesado**, que leva **agregados como hematita, barita e magnetita**. Trata-se de um concreto com **alta densidade** e **resistência mecânica** a relativo **baixo custo**. A **desvantagem** desse concreto é a **rápida segregação** dos seus constituintes, sobretudo os agregados, que são muito mais densos do que os outros materiais da mistura. Afinal, o preenchimento dos vazios com diferentes faixas granulométricas em um concreto é essencial para se evitar segregações, garantindo-se maior coesão ao material. A NBR 12655 diz que o concreto pesado possui massa específica seca acima de  **$2.800 \text{ Kg/m}^3$** . Caso não saiba, massa específica seca refere-se à massa específica medida após a secagem do material em estufa.

De forma análoga, os agregados leves são utilizados para produzir o **concreto leve** (ou concreto de baixa densidade) do tipo **estrutural**, que permite **reduzir o peso das estruturas** e **vencer grandes vãos**, além de ser **mais durável**. Trata-se de uma tecnologia muito utilizada pela indústria de **pré-moldados**, pois a maior leveza torna o transporte e a montagem bem mais rápidos. Para se ter ideia,



a massa específica seca desse concreto é inferior a **2.000 Kg/m<sup>3</sup>**. Em obras de arte de **grandes vãos**, como pontes, o concreto leve também tem sido adotado. Esse material apresenta também maior **isolamento térmico**, sendo por isso mais utilizado em países nórdicos e também muito áridos, como no Oriente Médio. Como desvantagem, o concreto leve possui **maior custo**, devido ao maior consumo de cimento e água, ao mesmo tempo em que diminui a resistência a compressão.

Conclui-se, assim, que o concreto com massa específica seca entre os 2 extremos, pesado (acima de 2.800 Kg/m<sup>3</sup>) e leve (abaixo de 2.000 Kg/m<sup>3</sup>), corresponde ao concreto normal, conforme NBR 12655:2015. A próxima figura resume essas informações, conforme NBR 12655.



**Figura 15: Concretos leve, normal e pesado, com diferentes massa específica seca ( $M_e$ .)**



### TOME NOTA!

Uma consequência desse maior teor de cimento e de água é o que o concreto leve apresenta **maior fluidez** que o concreto convencional, resultando também em **maior trabalhabilidade**.

Um agregado comum no concreto leve é a vermiculita, que é um argilomineral, ou seja, um tipo de argila, que se expande em até 15 vezes após tratamento térmico. Essa expansão ocorre, pois parte do material se decompõe produzindo gases que deixam a estrutura interna porosa. Após resfriamento, este material decomposto passa a se denominar **vermiculita expandida**. Com amplo volume de vazios, a vermiculita expandida é utilizada como **isolamento acústico, térmico** e nos **concretos leves**. Um dos motivos para a argila expandida ser cobrada em concursos é por tratar-se de um dos poucos agregados leves artificiais produzidos no Brasil.

Importante saber que existe o **concreto leve não estrutural**, utilizado para **vedações, rebocos, contrapisos** e algumas **lajes**. Em vez do emprego da vermiculita, nesse concreto há a **incorporação de** bolhas de **ar**, resultando em um material com baixa resistência a compressão, alta leveza, durabilidade, isolamento termoacústico e resistência ao fogo. Por vezes são utilizados em



substituição ao agregado leve o **isopor** (ou **poliestireno expandido**) e **EVA**. Como vantagem, tem-se o baixo custo de produção e a capacidade de isolamento termo-acústico.

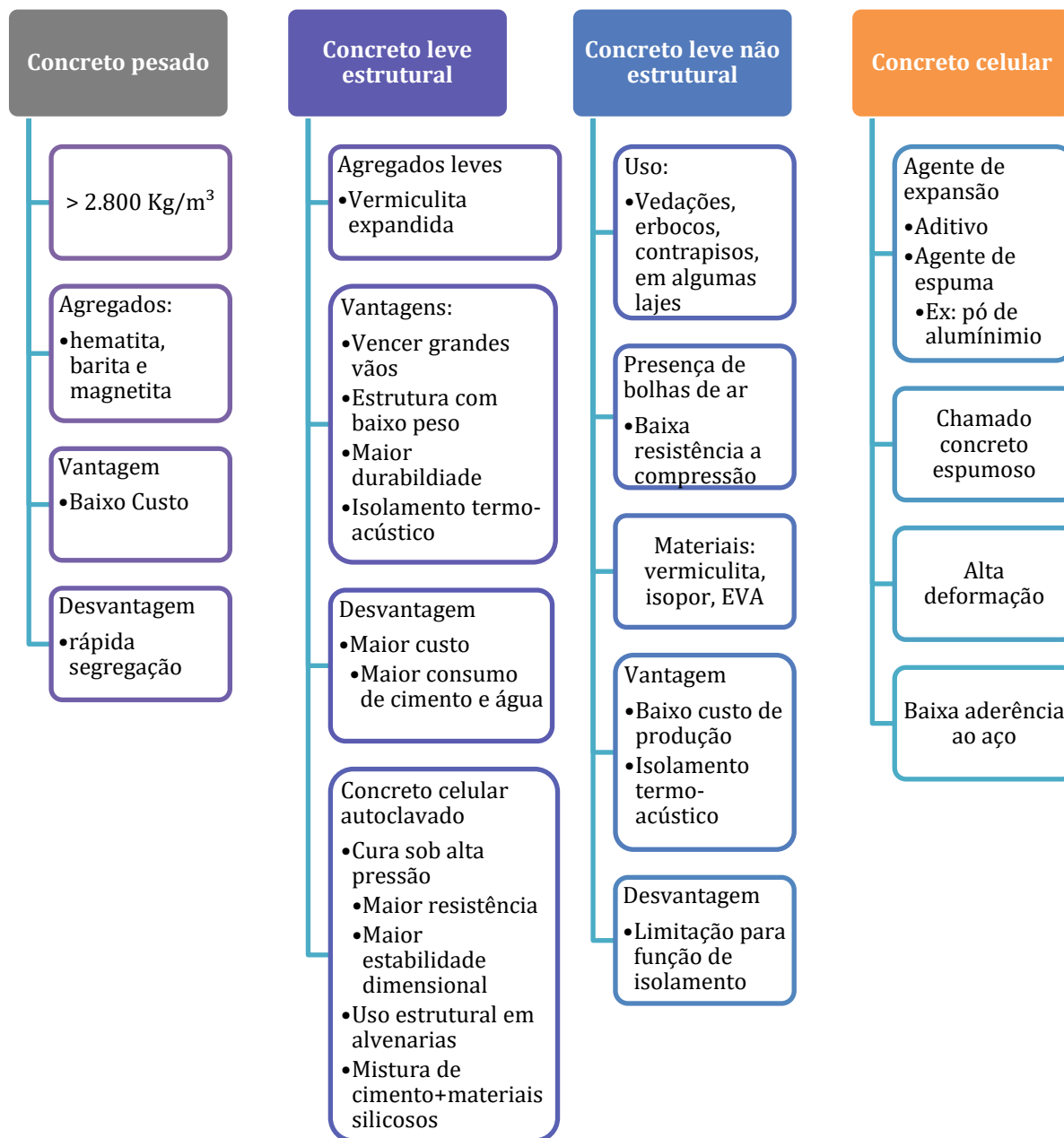
O concreto leve mais utilizado é o **concreto celular**, possui a adição de um **agente de expansão**, que pode ser um **aditivo** ou um **agente de espuma** (ex: **pó de alumínio**, de zinco, peróxido de hidrogênio, cal clorada), que incorporarão ar ao concreto. Por isso, essa mistura também recebe o nome de **concreto espumoso**. Conseqüentemente, a densidade do produto será bem baixa, economizando na estrutura que será mais leve e terá boas propriedades de isolamento. Por outro lado, o uso de aditivos é caro, sendo um fator que pode inviabilizar o emprego dessa técnica. Além disso, as **propriedades mecânicas** do concreto celular são **piores** que as do convencional, deformando-se mais para uma mesma carga (ou seja, o concreto celular possui menor módulo de elasticidade) e resistindo menor à ruptura, além de ter **baixa aderência ao aço**. Porém, isso não indica que todo concreto celular seja inviável para a função estrutural.



Uma consequência lógica desses concretos que possuem ar em seu interior é a **dispensa de adensamento** (vibração) na execução da concretagem, pois afinal, essa etapa visa justamente à expulsão de ar aprisionado no material, o que não é desejável nesses tipos de concreto.



Um exemplo de concreto celular é o **concreto celular autoclavado** (também chamado **SIPOREX** por algumas questões de concurso devido a uma antiga fabricante do Brasil), obtido pela mistura de cimento, cal, areia e outros materiais silicosos, além de pó de alumínio. Na prática, dizemos tratar-se de uma **mistura de cimento e materiais silicosos**. A autoclavagem é um processo de cura sob uma pressão de cerca de 10 atmosferas a 180 °C, acelerando a hidratação do concreto e gerando menor porosidade, maior resistência, rigidez e estabilidade dimensional. Por causa da **maior resistência** do concreto celular autoclavado e maior estabilidade dimensional, a norma NBR 13438 permite seu **uso em alvenarias**, com a **finalidade estrutural** ou não.





### **CESPE - 2018 - Esp. Portuário – EMAP - Eng. Civil**

Acerca da classificação e do uso de agregados na indústria da construção, julgue o item subsecutivo.

A vermiculita expandida é um agregado produzido por tratamento térmico, tendo como principal utilização a produção de concreto de baixa densidade.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** a expansão da vermiculita se dá por processo térmico e como resultado, tem-se a expansão do material, viabilizando seu uso no concreto leve.

**Gabarito:** “certo”.

### **CESPE - CGM João Pessoa – 2018 - Audit. e Fiscal. - Auditor Municipal de Controle Interno**

No concreto leve, os agregados pétreos podem ser substituídos por pérolas de poliestireno expandido, vermiculita ou argila expandida.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** no concreto leve, pode-se substituir os agregados por isopor (poliestireno expandido), vermiculita ou argila expandida. Está correto, conforme vimos na teoria.

**Gabarito:** “certo”.

### **IDECAN – 2017 - Oficial Bombeiro Militar - CBM DF - Eng. Civil**

As alvenarias podem ser feitas utilizando-se o barro cozido, os blocos de concreto, o concreto celular, o tijolo de vidro e as pedras naturais. De acordo com a fabricação do concreto celular para alvenarias, assinale a afirmativa INCORRETA.

- a) O processo de fabricação do concreto celular permite a formação de um composto químico de elevada porosidade.
- b) O concreto celular autoclavado (tipo siporex) é um concreto leve, fabricado a partir de uma mistura de cimento e materiais silicosos.
- c) A estrutura do concreto celular muito uniforme permite que o produto seja bem leve, bom isolante térmico e péssimo isolante acústico.





d) O composto químico do concreto celular caracteriza-se por sua grande resistência mecânica e estabilidade dimensional, considerando o composto químico e o silicato de cálcio.

**Comentários:** para começar, o enunciado está falando de concreto celular para alvenarias. Logo, trata-se de concreto celular autoclavado. Vamos então a cada alternativa:

- a) O concreto celular é poroso em seu interior devido à incorporação de ar. Item correto.
- b) Correto, o concreto celular autoclavado é fabricado sim pela mistura de cimento com materiais silicosos. Correto.
- c) Errado, é difícil ter um material que seja isolante térmico mas não seja isolante acústico, sobretudo quando o isolamento se baseia na existência de vazios em seu interior. Esse é o caso do concreto celular autoclavado. Errado.
- d) Correto, vimos que o concreto celular autoclavado se caracteriza pela maior resistência mecânica e estabilidade dimensional. Como exemplo de sua resistência, temos o uso para alvenaria estrutural.

**Gabarito: “c”.**

#### **CESGRANRIO – Transpetro – Eng. Júnior – Questão para fixação de 2008**

A NBR 12655/2006 (Concreto de Cimento Portland) define como concreto pesado o concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica, em  $\text{kg/m}^3$ , maior que

- a) 800
- b) 2400
- c) 2500
- d) 2800
- e) 3200

**Comentários:** conforme vimos, concreto pesado é aquele que possui massa específica seca (ou seja, após secagem em estufa) igual a  $2.800 \text{ Kg/m}^3$ .

**Gabarito; “d”.**

### **Capacidade de absorção de umidade**

Um agregado em contato com a água do concreto, consumirá em seus vazios interiores muita da água que seria destinada à hidratação do cimento. Assim, a absorção de água está relacionada à **porosidade** do agregado e, por isso, deve-se prever essa absorção extra **adicionando mais água** no preparo do **concreto**. Caso não se previna essa situação, a hidratação não ocorrerá plenamente, **prejudicando** o desenvolvimento da **resistência** à compressão do concreto.

Um impacto direto da umidade no agregado é o **inchamento** das areias, que advém do aumento da umidade nos grãos. Em alguns agregados, suas partículas são afastadas entre si devido à tensão superficial das gotas de água, resultando no aumento de volume do agregado. É muito comum em



obras a aquisição de agregados já úmidos, sendo muitas vezes pagos e dosados para serem misturados no concreto com base no volume medido. Contudo, quando o material é úmido, devido ao inchamento, a quantidade medida em volume é muitas vezes inflada, prejudicando a elaboração (ou dosagem) do concreto e pagando-se por um material que não foi entregue.

## Resistência a compressão e módulo de elasticidade

Os agregados naturais normalmente possuem **alta resistência a compressão**, superior inclusive à do concreto. Assim, a adição de agregados **não** traz um **fator limitante** à resistência mecânica à compressão do concreto, nem à elasticidade (relação entre força aplicada e deformação sofrida pelo material) do elemento estrutural.

## Granulometria

Se fizermos um concreto com areia muito grossa, teremos dificuldade em transportar esse concreto por dutos (bombeando) e também em aplica-lo sobre a forma, pois ele estará muito viscoso. Dizemos que o concreto estará pouco trabalhável.

Essa propriedade da **trabalhabilidade** é essencial para a correta aplicação de um concreto e também para a sua elaboração. Caso reduzíssemos a areia para o tipo fina, o concreto se tornaria bem mais trabalhável, porém se consumiria mais pasta de cimento na sua dosagem, pois a areia fina tem superfície específica maior, devido ao tamanho menor de seus grãos. Como **a água deve envolver o máximo** possível **os grãos do agregado** quando se busca uma mistura com uma **boa trabalhabilidade**, é necessária essa adição extra de pasta para lubrificar o contato dos agregados.

Por outro lado, o impacto de se utilizar muita areia fina é um acréscimo de custo no concreto, visto que se consumirá, além da água, muito cimento para se manter uma boa trabalhabilidade e resistência, sendo que o cimento é geralmente cerca de dez vezes mais caro que o agregado.

Por isso, quando dosamos um concreto temos que pensar nas dimensões dos agregados, dadas pela:

- **Curva de distribuição granulométrica**: relação das quantidades de partículas classificadas pelos seus tamanhos, mostrada por meio de uma curva (Figura 16). Esses agregados são analisados por diversos métodos que consideram sua massa e dimensão, tal como o uso de peneiras.
  - ✓ Entendido o conceito, leia também a definição de distribuição granulométrica que consta na NBR 9935, que é mais completa: “distribuição percentual, em massa, das várias frações dimensionais de um agregado em relação à amostra de ensaio. É expressa pela **porcentagem individual ou acumulada** de material que passa ou fica retido nas peneiras da **série normal e intermediária**”. Essas 2 séries de peneiras possuem dimensões padronizadas para se facilitar a comparação de diferentes curvas de distribuição de mais de uma amostra ou ensaio.



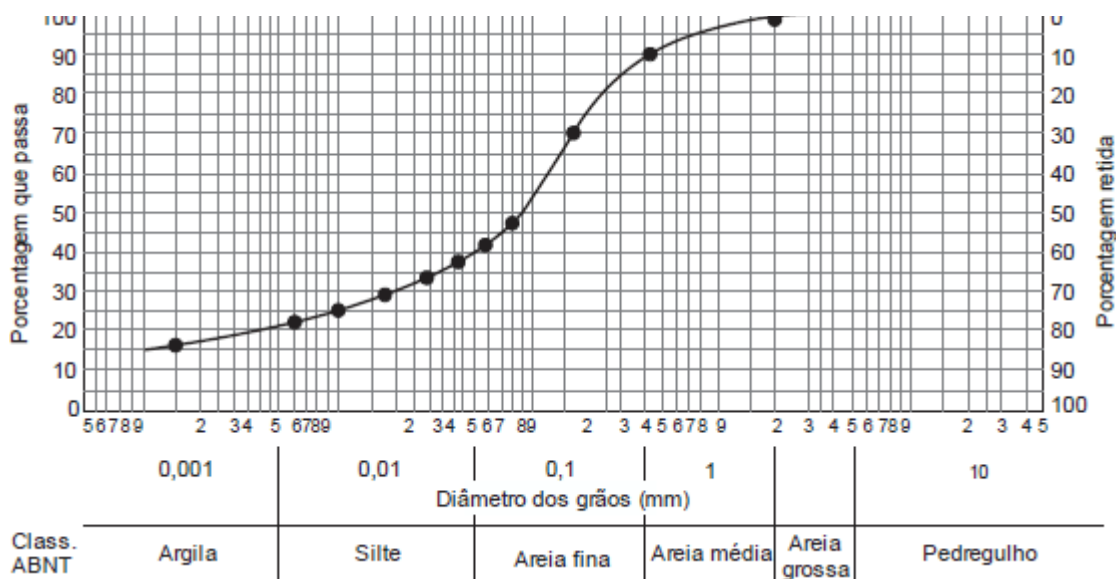


Figura 16: curva granulométrica, relacionando quantidades no eixo vertical e diâmetro das partículas no horizontal (FCC, 2013)

- Dimensão máxima característica:** tamanho da peneira na qual foram retidos 5% ou menos das partículas do agregado em massa. Essa variável dá uma ideia da dimensão das maiores partículas do agregado, de forma que, quanto maior a dimensão máxima do agregado, maiores são suas partículas; logo, menor é sua área superficial específica (veja a figura a seguir). Os impactos dessa variável extrapolam a dosagem, afetando também o dimensionamento do aço de um concreto, como veremos posteriormente.

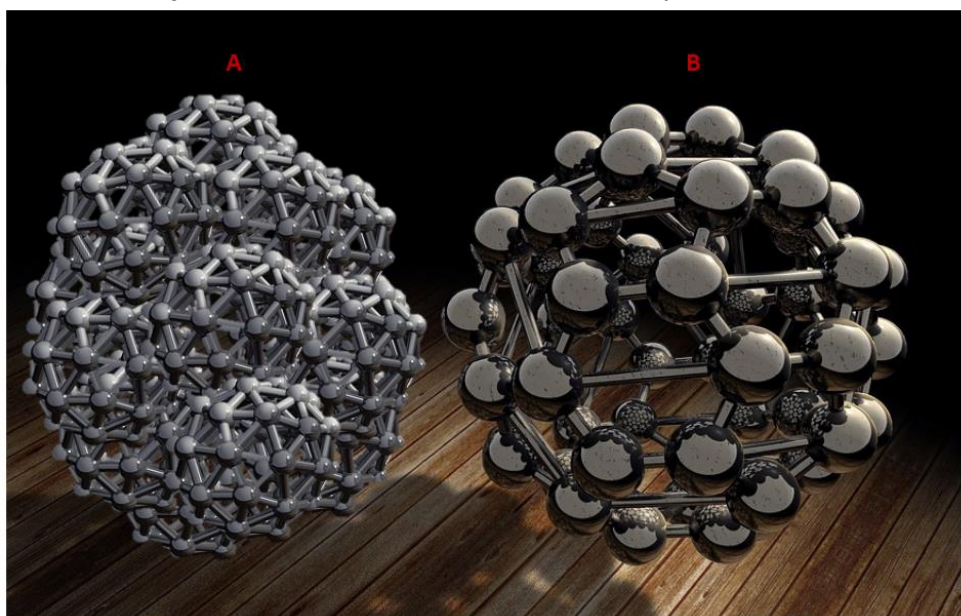


Figura 17: modelo mostrando a área superficial específica em agregados miúdos (A) e graúdos (B). Observe que essa área superficial é menor em agregados graúdos (B), pois seus grãos ocupam mais espaço.

- **Módulo de finura:** soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado dividida por 100. Como vimos, a norma NBR 7211 estipula 2 séries de peneiras (sendo uma chamada de **série normal**) por onde serão peneirados os agregados e posteriormente pesados para o cálculo do módulo de finura. A soma das quantidades retidas em cada peneira será dividida por 100, bastando se atentar para o fato de que são as quantidades acumuladas.
  - ✓ Contrariamente ao que o nome dá a entender, **quanto maior o módulo de finura, maiores (ou mais graúdos) são os grãos do agregado**. O motivo é que são somadas as quantidades retidas acumuladas em cada peneira. Logo, quanto maior o agregado, mais peneiras reterão o mesmo material, de forma que o valor do módulo de finura será maior. Veja a fórmula de cálculo do módulo de finura (MF):

$$MF = \frac{\sum \% \text{ retido acumulado em cada peneira}}{100}$$



As 2 séries de peneiras citadas na NBR 7211 compreendem diferentes aberturas, servindo para se separar materiais de diferentes granulometrias. Observe na Tabela 3 que, como era de se esperar pelo nome das séries, a normal envolve agregados maiores e menores do que a intermediária. Portanto, a **série normal abrange uma amplitude maior de agregados**, enquanto a série intermediária detalha mais faixas de agregados de maior granulometria abrangidos pela série normal, justificando o nome “intermediária”.



Vimos no início dessa aula o conceito de agregado graúdo e miúdo, que se baseia na peneira com dimensão 4,75 mm, que pertence à série normal. Há 3 conceitos importantes que utilizamos para analisar a granulometria desses agregados, que são:

- **Porcentagem retida:** **porcentagem de material que não passa pela abertura** de uma dada peneira, ficando retido.
  - Esse é o conceito que aparece nos relatórios de ensaios de granulometria.
- **Porcentagem que passa:** é o **contrário da retida**, ou seja, é aquela porcentagem de grãos inferiores às dimensões da abertura da peneira.
  - Esse conceito é utilizado em algumas questões das bancas.
- **Porcentagem acumulada:** é a soma das porcentagens retidas em uma dada peneira **e nas outras maiores que esta peneira**.



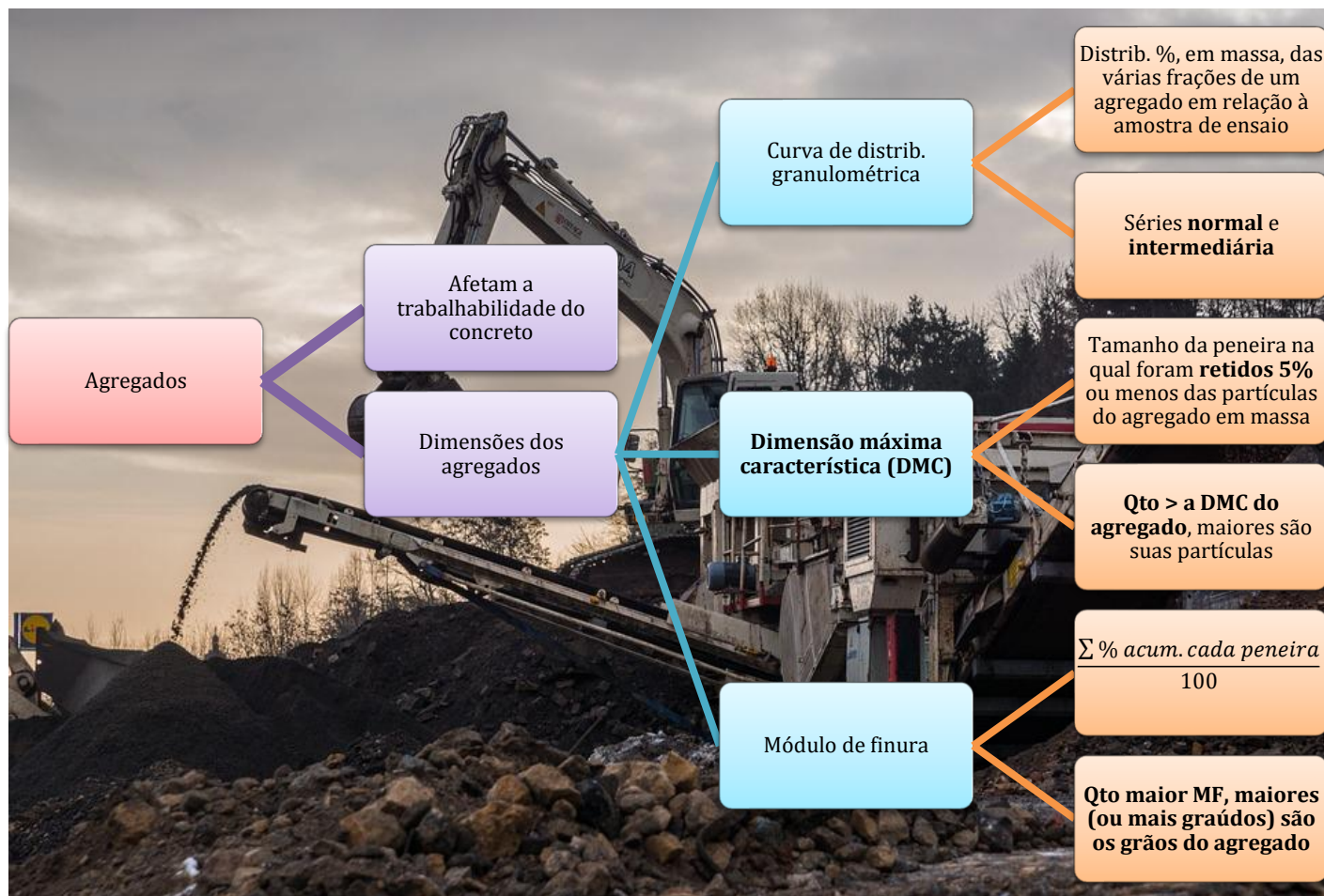
Esses conceitos podem parecer fáceis e óbvios, porém muita gente os confunde na hora de fazer os exercícios. Veremos eles juntos na hora de praticar.

**Tabela 3: aberturas das peneiras normalizadas para agregados de concreto**

Série normal	Série intermediária
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
-	31,5 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-







Essa questão a seguir é para fixação de conceitos ao se aplicar fórmulas. O importante nessa questão é entender os conceitos e não, acertá-la de primeira.

Abertura Malha	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)	% massa retida acumulada
75 mm	-	-	-
63 mm	-	-	-
50 mm	-	-	-
37,5 mm	-	-	-
25 mm	-	-	-
19 mm	-	-	-





12,5 mm	-	-	-
9,5 mm	-	-	-
6,3 mm	20	20	2%
4,75 mm	50	70	7%
2,36 mm	250	320	32%
1,18 mm	300	620	62%
600 µm	200	820	82%
300 µm	100	920	92%
150 µm	60	980	98%
Fundo	20	1000	100%

**ESAF – DNIT - Téc. Infra. Transp. – Questão de fixação - Adaptada**

A Tabela anterior mostra o resultado do ensaio de granulometria de uma areia. A partir dos dados pode-se afirmar que

- a) o módulo de finura da areia é superior a 5.
- b) a dimensão máxima característica da areia é 4,75 mm.
- c) mais de 80% dos grãos possuem diâmetro inferior a 600 µm.
- d) 7% do material têm dimensão inferior à abertura de malha de 4,75mm.
- e) 2% do material possuem diâmetro inferior a 150 µm.

**Comentários:** vejamos cada alternativa:

- a) Como vimos, o módulo de finura é a soma das % retidas acumuladas nas peneiras da série normal, dividida por 100. Há uma pegadinha de fórmula nessa questão, pois na tabela temos informado o diâmetro 6,3 mm, porém esse diâmetro não pertence à série normal, e sim à intermediária. Vamos aos cálculos:

$$MF = \frac{7\% + 32\% + 62\% + 82\% + 92\% + 98\%}{100} = 3,73$$

A alternativa “a)” fala que o MF é maior do que 5, estando errada, pois ele vale 3,73, sendo inferior a 5.

- b) A dimensão máxima característica (DMC) corresponde à abertura da peneira da série normal ou intermediária, que corresponde ao percentual retido acumulado imediatamente inferior a 5%. Como o % retido acumulado da abertura 4,75 mm é de 7%, precisamos de um % menor, para respeitarmos o limite de 5%. Logo, o % acima deste, que vale 2% e corresponde a uma peneira de abertura de 6,3 mm, que será a nossa DMC. Item errado.
- c) O % retido acumulado que temos na peneira de diâmetro 600 µm é 82%. Se esse percentual foi retido nessa peneira, quer dizer que as dimensões do material ali retido eram maiores do que a abertura da peneira. Logo, a porção inferior a esse diâmetro, que é a informação pedida no item “c”, seria o complemento para se inteirar 100% da amostra peneirada.

$$100\% - 82\% = 18\%$$



Portanto, o item está errado.

Estaria correto se fosse dito “mais de 80% dos grãos possuem diâmetro superior a 600  $\mu\text{m}$ ”.

- d) Não, pelo contrário, 7% do material possui dimensão superior a 4,75 mm, pois a quantidade de 7% foi retida, e não passada na peneira. Item errado.
- e) Correto, pois se 98% do material foi retido na peneira de 150  $\mu\text{m}$ , quer dizer que o restante, 2%, passou pela sua abertura, sendo, pois, menor que 150  $\mu\text{m}$ . Correto.

**Gabarito: “e”.**

## Forma do agregado e textura

Quanto mais **ásperas** e **angulosas** são as partículas, mais pasta de cimento será consumida pelo concreto, pois haverá maior retenção da pasta na superfície do agregado. O contrário são as partículas lisas e arredondadas, que, devido à baixa rugosidade e menores saliências, demandarão menos cimento e água em sua superfície. Essa influência da forma e textura é maior sobre o concreto fresco, pois o concreto já hidratado desenvolve forte aderência química entre seus constituintes.

Outro impacto da forma dos grãos do agregado é sobre a trabalhabilidade do concreto fresco. Concretos com **grãos mais arredondados** possuem **maior trabalhabilidade** do que os angulosos, pois os grãos arredondados **se deslizam** mais facilmente sobre si, preenchendo muito mais facilmente as fôrmas.

Por outro lado, partículas mais ásperas e angulosas desenvolverão maior atrito com a pasta de cimento, adquirindo maior aderência, resultando em **maior resistência**, por exemplo, à **abrasão** para o concreto. Basta pensarmos no oposto para enxergar isso, imagine a aderência entre grãos lisos de areia e a pasta de cimento, qualquer esforço sobre o concreto separará facilmente os agregados da pasta.

Já os agregados **lamelares** ou **achatados** ou ainda com **grande diâmetro** trazem um problema, pois facilitam a **adesão de água** sem cimento a sua superfície, constituindo-se em um tipo de **segregação interna** do concreto. Com isso, é formada uma ligação fraca entre a pasta de cimento e o agregado nesta zona, **prejudicando sua resistência**.

## Compacidade

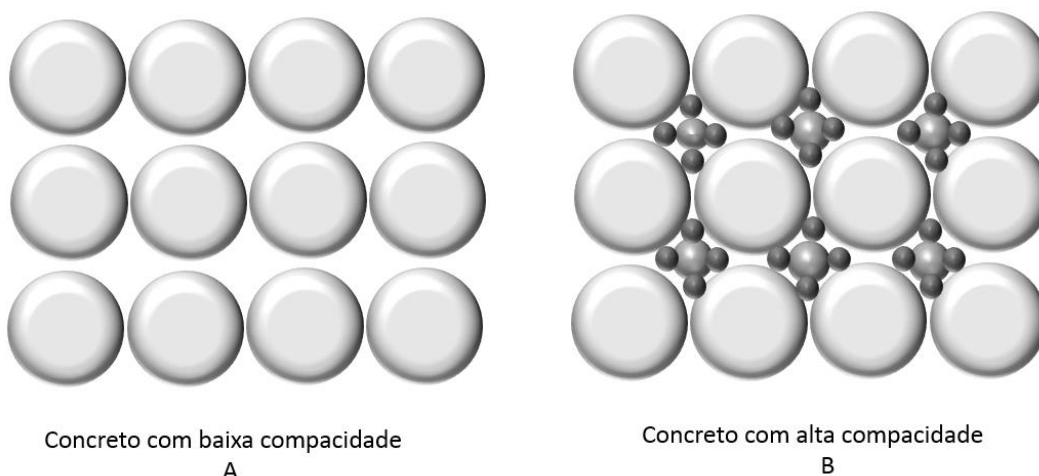
Muito ligada à **redução no volume de vazios** do concreto, a compacidade é uma propriedade que relaciona a ocupação dos espaços dentro do concreto fresco pelos seus constituintes. Mas quais seriam esses chamados vazios dentro do concreto? São principalmente volumes de ar que ficam aprisionados no concreto fresco quando este é lançado em uma fôrma.





E qual a relação da compacidade do concreto fresco com os agregados?

Se tivermos 2 concretos, sendo um com muitos agregados graúdos e poucos miúdos, enquanto o outro concreto se caracteriza pela existência ampla de agregados de diferentes tamanhos variando continuamente, observaremos uma grande diferença no comportamento desses 2 concretos (Figura 18). O primeiro terá maior volume de vazios, sobretudo entre os agregados graúdos, enquanto o segundo terá um maior preenchimento da fôrma pelos agregados com tamanhos variáveis. Isso resulta inclusive em um **melhor comportamento mecânico** desse segundo concreto e **maior durabilidade** por possuir maior **intertravamento** entre seus **constituintes**, comportando-se muito mais com um único maciço do que o primeiro concreto.



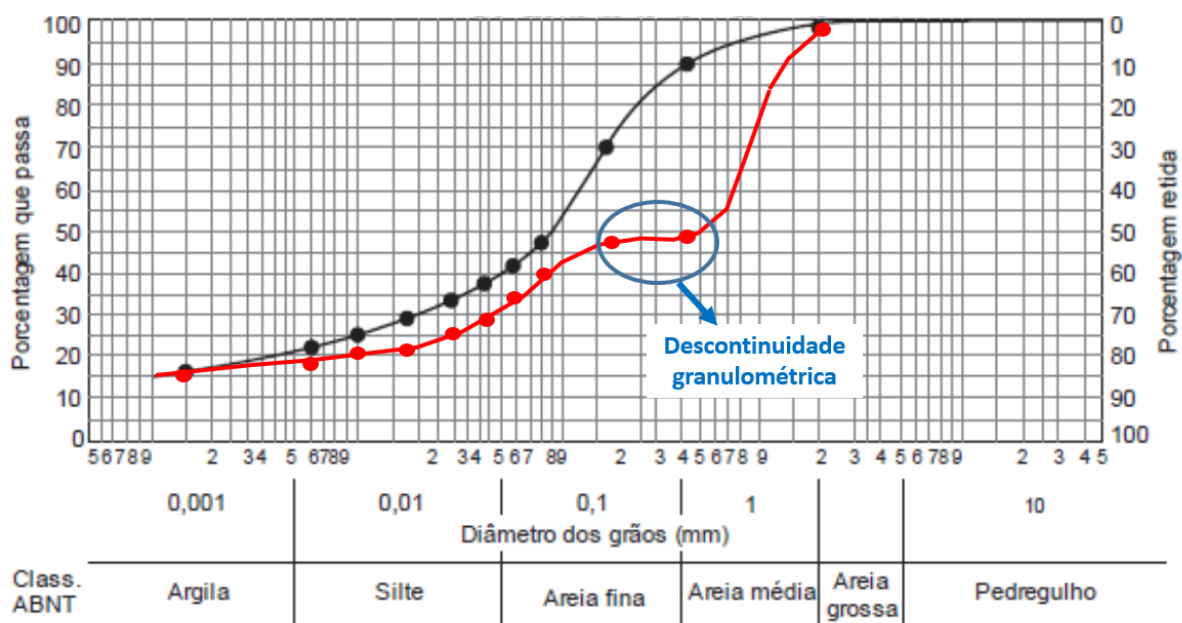
**Figura 18: diferença entre concreto de baixa (A) e alta compacidade (B)**

A maior compacidade também torna **mais trabalhável o concreto e dificulta** a ocorrência de **segregação**, pois os constituintes se apresentam mais atraídos uns pelos outros, com menos vazios.

A busca pela **maior compacidade** é obtida por meio de uma **curva** granulométrica **contínua**, que é aquela que contém praticamente todas as frações de agregados, ou seja, agregados de todas as dimensões. Em oposição, denominamos **curva** granulométrica **descontínua** quando o agregado não possui partículas de uma certa dimensão.



Na figura a seguir, percebe-se que a curva vermelha não possui grãos com dimensões entre 2 e 4 mm, pois a porcentagem passante não se altera nesse intervalo, com a curva formando praticamente uma reta horizontal. Se um concreto com granulometria dos agregados descontínua for transportado por bombeamento, haverá ainda maior probabilidade de haver segregação, pois ao longo do tubo a gravidade atuará separando as fases do concreto.



**Figura 19: curva granulométrica contínua (em preto) e descontínua (em vermelho). A curva descontínua tem muito mais probabilidade de resultar em um concreto que sofra facilmente segregação (FCC, 2013, adaptado)**

Na verdade, denominamos **coesão** a **propriedade** do **concreto** de **não sofrer segregação**, sendo, por exemplo, um concreto que tenha uma curva granulométrica contínua para seus agregados. Havendo mais compacidade no concreto, teremos maior interação entre os agregados e a pasta de cimento, tornando muito mais difícil que os grãos se separem ou segreguem. Portanto, a compacidade é uma característica essencial para se garantir uma boa trabalhabilidade ao concreto.





Essa propriedade que relaciona o preenchimento dos espaços pelo arranjo granulométrico do material é muito utilizada na Mecânica dos Solos, sobretudo em compactação. Definimos a compactidade pela **relação** entre o **volume** ocupado pelos **grãos** do agregado (VS) e o **volume total** da **amostra** (VT), conforme a seguir:

$$\text{Compactidade} = \frac{VS}{VT}$$

Assim, quanto maior a compactidade, quanto mais próxima de 100%, menor o volume de vazios no agregado. Por isso, a compactidade nos diz muito sobre a **proximidade entre as partículas do agregado**, resultando em arranjos com mais ou menos volumes de vazios. Caso você esteja pensando na compactidade relativa (CR) que vemos em Mecânica dos Solos, saiba que aquele índice se refere a outro conceito, diferente de compactidade de agregados.

Um concreto com maior compactidade não impacta apenas em melhores propriedades mecânicas e de durabilidade. Quando temos agregados de diferentes tamanhos preenchendo os espaços da fôrma, sobra menos espaços para o cimento e a água. Como vimos no início, o agregado possui alta resistência a compressão, não trazendo problemas ao concreto a sua presença. O resultado disso é que **economizamos** no mais caro insumo do concreto, que é o **cimento**, ao termos misturas com agregados de diferentes tamanhos, como por exemplo o material da letra B da Figura 18.



Qual o problema em se ter um **concreto** com **somente agregados miúdos**? O problema é que se **consumirá muita água** para se envolver os grãos, gerando porosidade no concreto, necessitando-se, pois, de adição de **cimento** para se manter a relação água/cimento constante sem prejuízos para a resistência a compressão do concreto. Como mais cimento significa mais gastos, a opção única por agregados miúdos **encarece o concreto**.

No lado oposto, qual o problema em se utilizar no concreto **apenas agregados graúdos**? O problema é que o concreto terá **maior permeabilidade**, podendo, com os anos, sofrer infiltrações de líquidos e gases, que poderão atacar sua armação, gerando uma série de patologias, **prejudicando** sua **durabilidade**.



### FCC – Ana. Judiciário – TRT 6 – Eng. Civil – Questão para fixação

Os agregados devem atender a alguns requisitos básicos de qualidade para garantir um bom desempenho quando utilizados em concreto hidráulico. Para esta finalidade, são consideradas qualidades desejáveis:

- a) adequada distribuição granulométrica, obtendo-se maior compacidade e aumento do índice de vazios, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- b) adequada distribuição granulométrica obtendo-se maior compacidade e redução do índice de vazios, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- c) distribuição granulométrica uniforme, obtendo-se menor compacidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- d) distribuição granulométrica aberta, obtendo-se menor compacidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior permeabilidade.
- e) distribuição granulométrica não uniforme obtendo-se menor compacidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior permeabilidade.

**Comentários:** os agregados do concreto precisam de uma distribuição granulométrica contínua, sem faltar partículas de uma dada fração granulométrica. Quanto maior a compacidade, mais espaço ocupado pelas partículas e menor o volume e o índice de vazios. O resultado é uma maior economia de cimento e uma maior resistência mecânica e durabilidade.

**Gabarito:** “b”.

### CESPE - PF - Perito Criminal - Eng. Civil – Questão de fixação

No que concerne aos aglomerantes, agregados e materiais betuminosos, é importante o conhecimento de suas definições, principais propriedades e ensaios. É necessário, ainda, que o engenheiro saiba utilizar adequadamente esses materiais, recomendando-se um determinado uso para cada um deles.

A respeito desses aspectos, julgue os itens seguintes.

A compacidade dos agregados é a relação entre o volume total de vazios e o volume total aparente dos grãos.

( ) CERTO      ( ) ERRADO





**Comentários:** a compacidade é a relação entre o volume ocupado apenas pelos grãos sólidos (VS) e o volume total da amostra (VT), conforme a seguir:

$$\text{Comapcidade} = \frac{VS}{VT}$$

Portanto, a questão está errada, pois a compacidade não é a relação entre volume de vazios e volume total aparente de grãos.

**Gabarito: “errado”.**

#### **CESPE – Auditor da União F.C. – TCU – Questão para fixação**

Considerando que as especificações dos materiais e serviços para a execução de uma edificação, em conjunto com o controle exercido durante a execução, proporcionam maior garantia da qualidade da obra, julgue o item que se segue.

Para a obtenção de concretos mais resistentes, a compacidade da mistura deve ser aumentada, podendo-se, para isso, acrescer à quantidade de agregados graúdos agregados de diâmetros menores.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** uma maior compacidade é conseguida ao se acrescentar agregados com diâmetros variados, resultando em concretos mais resistentes, como vimos na teoria.

**Gabarito: “certo”.**

**Atenção, você pode ter dificuldades na letra “a” da próxima questão. Caso isso ocorra, não se preocupe, você aprenderá na resolução comentada da questão.**

#### **CONSULPLAN – 2017 – Pref. Sabará - Eng. Civil - Adaptado**

Quanto às propriedades do concreto ligadas ao agregado, é INCORRETO afirmar que:

- a) O agregado não tem grande influência na retração do concreto.
- b) A forma dos grãos é a característica que mais afeta a trabalhabilidade de um concreto se mantidas inalteradas as demais variáveis do traço.
- c) Na durabilidade, o agregado não deve ser inerte, não reagindo com os agentes a que o concreto estiver exposto. Não deve conter produtos que possam reagir com o aço das armaduras, nem ter componentes mineralógicos que reajam, quer com o meio ambiente, quer com o cimento.





d) Na resistência à compressão do concreto, depende do fator água/cimento que, por sua vez, depende da distribuição granulométrica do agregado. A distribuição granulométrica deverá ser tal que permita uma mistura de máxima compactidade, compatível com a peça a concretar.

**Comentários:** vejamos cada alternativa:

- a) Como vimos, o agregado contribui para a estabilidade dimensional do concreto, reduzindo a retração. Porém, falar que o agregado tem grande influência sobre a retração do concreto estaria reduzindo a importância de outras variáveis, como a perda de água, resultante sobretudo da insolação e circulação de ar sobre a superfície concretada. Portanto, dizer que a influência do agregado não é grande sobre a retração está correto, pois há uma série de outras variáveis que possuem influência maior neste processo acarretado pela perda d'água.
- b) De fato, a forma dos grãos influencia muito na trabalhabilidade do concreto, sendo maior a trabalhabilidade quando se tem grãos mais arredondados. Correto.
- c) Errado, o agregado deve ser inerte sim, para evitar problemas na reação de hidratação, que é a prioridade em um concreto, já que se busca o maior e mais rápido ganho de resistência pelo concreto.
- d) Como vimos, a presença de agregados no concreto pode alterar o fator água-cimento necessário ao concreto. Além disso, a distribuição granulométrica deve buscar uma maior compactidade dos agregados, para se obter maior resistência, durabilidade e economia com o concreto. Correto.

**Gabarito: "c".**

## Substâncias prejudiciais

Os agregados possuem algumas substâncias que podem vir a prejudicar as propriedades do concreto. As substâncias mais prejudiciais são:

- **Torrões de argila e partículas friáveis** (quebráveis): essas partículas apresentam-se muitas vezes em flocos, **prejudicando a trabalhabilidade** do concreto, além de prejudicar a sua abrasão, ou seja, **resistência ao desgaste superficial**.
  - Limite máximo em massa de agregado miúdo: 3%
  - Disse que partículas friáveis são partículas quebráveis para facilitar seu entendimento. Contudo a norma utiliza outras palavras para conceituá-las, valendo a pena checar: "partículas presentes nos agregados, suscetíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e o indicador". Portanto, **friabilidade** está relacionada ao desmonte de partículas **pela pressão aplicada pelos dedos**.
- **Materiais carbonosos**: são substâncias que podem se deformar com o passar do tempo, gerando vazios no concreto por onde podem penetrar gases e água, **afetando** seriamente a **durabilidade** do concreto, além de prejuízos estéticos.
  - Limite máximo em massa de agregado miúdo:



- Concreto aparente: 0,5%
- Concreto não aparente: 1,0 %
- **Materiais pulverulentos:** são definidos pela NBR 7211 como aqueles materiais que passam na peneira de 75 µm por lavagem. Esse material é muito **fino** e seu problema é justamente **aderir a superfície dos agregados maiores**, dificultando o contato da pasta de cimento com os demais agregados. Como resultado da baixa aderência, a **resistência do concreto** e sua **durabilidade** podem ser **afetadas**. As **argilas**, o **silte** e o **pó de pedra** podem estar presentes na forma de películas superficiais, interferindo na aderência do agregado à pasta de cimento.
  - Limite máximo em massa de agregado miúdo:
    - Concreto submetido a desgaste superficial: 3%
    - Concreto protegido do desgaste superficial: 5%
- **Impurezas orgânicas:** podem ser **instáveis**, podendo se decompor com o tempo.
  - Limite máximo em massa de agregado miúdo: 10%

**Tabela 4: Limites para substâncias deletérias nos agregados (NBR 7211)**

Material	Concreto (quando aplicável)	Classe de resistência a compressão (MPa)
Torrões de argila e materiais friáveis		3 %
Materiais carbonosos	Concreto aparente	0,5 %
	Concreto não aparente	1,0 %
Material pulverulento	Concreto sob desgaste superficial	3 %
	Concreto protegido do desgaste superficial	5 %
Impurezas orgânicas		10 %

## Agregados de lavagem de cimento fresco

As usinas de concreto produzem muito concreto fresco que não é utilizado por uma série de razões, tais como baixa resistência, erros de dosagem, cancelamentos de encomendas, etc. Da mesma forma, as obras muitas vezes encomendam quantidades superiores às necessárias a uma concretagem, resultando em sobras de concreto fresco.

Uma forma de se reaproveitar esses agregados, chamados de reciclados, é por meio da lavagem do concreto fresco que não será mais utilizado, sendo separado nas frações agregados e água



de lavagem. As frações de agregados a serem reaproveitadas no concreto são limitadas pela NBR 7211, devendo o agregado lavado ser:

- **do mesmo tipo do agregado primário** utilizado no concreto;
- adicionado em **percentual máximo de 5%** dos agregados totais do concreto
  - Quantidades superiores são permitidas, desde que o agregado lavado seja classificado e separado nas diferentes frações constituintes.



### CESPE – Anal. Jud. - TRT 5 - Eng. Civil – Questão para fixação de 2008

O controle, o armazenamento e a utilização apropriados de materiais de construção influenciam diretamente a qualidade, a redução de custos e o aumento da produtividade das atividades de construção. Com relação a esse tema, julgue o item seguinte.

Elevadas quantidades de pó de pedra na brita prejudicam a qualidade do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Comentários:** o pó de pedra é um material pulverulento, tendo, pois, sua quantidade no agregado limitada pela norma, já que pode prejudicar a aderência do agregado aos demais constituintes do concreto.

**Gabarito:** “certo”.



### FCC – Ana. Jud. - TRF 4 - Eng. Civil – Exercício de fixação nível difícil

Sobre o controle tecnológico do concreto, é correto afirmar:

- a) Os cimentos portland pozolana são cimentos comuns adicionados de pozolana, na proporção de 40% a 50% da mistura.
- b) As solicitações de peso próprio, em obras com grandes vãos, tornam-se excessivas, resultando numa limitação prática dos vãos das vigas em concreto armado a valores de 15 m a 30 m.
- c) Os agregados constituem cerca de 75% a 90% do concreto, o que tem sentido econômico, pois o agregado é mais barato que a pasta.



- d) O aumento da finura produz maior velocidade de hidratação, resultando em menor necessidade de água de hidratação inicial e conseqüentemente menor geração de calor.
- e) Os agregados, em geral, devem ser formados por partículas duras e resistentes, isentas de produtos deletérios, tais como argila, mica, silte, sais, matéria orgânica e outros.

**Comentários:** vamos a cada alternativa:

- a) O cimento Portland pozolânico CP IV possui entre 15 e 50% de pozolana, e não, 40 a 50%. Errado.
- b) Como vimos no início dessa aula, as vigas em concreto armado conseguem vencer vãos de até 12 metros. Portanto, a limitação de vãos é muito menor do que a faixa sugerida de 15 a 30 metros. Errado.
- c) Os agregados correspondem de 60 a 80% do concreto, portanto, muito menos do que os 90% de limite superior sugerido pela questão. Errado.
- d) O aumento da finura produz sim maior velocidade de hidratação, contudo o resultado é uma maior necessidade de água de hidratação inicial, já que haverá mais cimento se hidratando por unidade de tempo. Conseqüentemente, será liberado mais calor na reação. Errado.
- e) O ideal é que os agregados sejam duros, resistentes, isentos de produtos como argilas, micas, siltes, sais e matérias orgânicas, pois esses produtos podem prejudicar a aderência da pasta ao agregado.

**Gabarito:** “e”.

### **ESAF - DNIT - Técnico de Suporte em Infraestrutura de Transportes – Laboratório - Adaptado**

A definição mais aceita de agregado é: “material granular, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia.” Com relação aos agregados, analise as afirmações abaixo.

- I. Quanto à origem os agregados podem ser classificados em naturais, britados, artificiais e reciclados.
- II. De acordo com a NBR 7211/2009, o agregado graúdo possui grãos que passam na peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ressalvados os limites previstos em norma.
- III. De acordo com a massa unitária, os agregados podem ser considerados normais, leves e pesados. A hematita pode ser classificada como agregado leve.
- IV. É permitido o uso de agregados recuperados de concreto fresco por lavagem para preparação de um novo concreto, desde que sejam do mesmo tipo de agregado primário, nos limites estabelecidos em norma.



É correto apenas o que se afirma em:

- a) I.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) I, II e IV.
- e) II e IV.

**Comentários:** vejamos cada alternativa:

- I) Não, quanto à origem, os agregados se dividem em naturais e artificiais. Item errado.
- II) Correto, os agregados graúdos são aqueles que passam na peneira de abertura 75 mm e ficam retidos na 4,75 mm.
- III) De fato, podemos dividir os agregados em leves, normais e pesados. Porém, a hematita é um agregado pesado, sendo um constituinte do concreto pesado. Item errado.
- IV) Correto, um dos requisitos para reaproveitamento do agregado do concreto fresco é o de que seja do mesmo tipo do agregado primário do concreto. Item correto.

**Gabarito: “e”.**

### **FGV - Analista Portuário - 2016 - CODEBA - Eng Civil**

Com relação às definições e especificações dos agregados para concreto, analise as afirmativas a seguir.

- I. Os grãos do agregado graúdo passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm (em porcentagem retida acumulada máxima de 5%), e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 6,3 mm (em porcentagem retida acumulada mínima de 95%).
- II. A dimensão máxima característica corresponde à abertura nominal em milímetros da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.
- III. O módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas de um agregado, nas peneiras das séries normal e intermediária, dividida por 10.

Assinale:

- a) se somente a afirmativa I estiver correta.
- b) se somente a afirmativa II estiver correta.
- c) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.
- d) se somente as afirmativas II e III estiverem corretas.
- e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

**Comentários:** vejamos cada afirmação:



- I) Os grãos de agregados passam, de fato, pela peneira de abertura de malha de 75 mm, porém ficam retidos na peneira de malha 4,75 mm, e não 6,3 mm da série intermediária. Item errado.
- II) Correto, a dimensão máxima característica é a abertura da peneira que corresponde à porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente abaixo de 5% (em massa).
- III) O primeiro erro está em dividir os percentuais somados por 10 e não por 100, enquanto o segundo ocorre ao se considerar o uso do conceito de Módulo de Finura (MF) na peneira intermediária, sendo prevista na NBR 7211 a aplicação de MF apenas às peneiras da série normal. Item errado.

**Gabarito: “b”**

### **FGV – ALEMA - Eng. Civil – Questão para fixação**

Durante as primeiras idades a resistência do concreto pode ser afetada pela textura do agregado.

Um aumento na resistência do concreto jovem devida à aderência física mais forte entre a pasta de cimento e o agregado pode ser propiciada por

- a) uma textura mais lisa do agregado.
- b) uma forma mais arredondada do agregado.
- c) agregados lamelares.
- d) uma textura mais áspera do agregado.
- e) agregados naturais.

**Comentários:** analisemos cada alternativa:

- a) Uma textura mais lisa do agregado reduzirá o atrito com a pasta de cimento, enfraquecendo sua aderência e até a resistência do concreto. Item errado.
- b) A forma mais arredondada é análoga a uma textura mais lisa, pois reduz o atrito dos grãos com a pasta de cimento. Errado.
- c) Agregados lamelares também não contribuem com a resistência do concreto, pois sofrem a adesão de um filme de água sobre suas partículas planas, dificultando a ligação de cimentação pela pasta. Item errado.
- d) Como vimos, a textura mais áspera resulta em maior aderência com a pasta de cimento, configurando-se em melhor ligação entre os constituintes do concreto e maior resistência mecânica. Correto.
- e) O simples fato dos agregados serem naturais não garante maior resistência. Pense na areia de um rio com grãos bem arredondados. A aderência dessa areia à pasta de cimento seria





muito fraca, se comparada com a de um grão anguloso e áspero de areia artificial. Item errado.

**Gabarito: “d”.**

#### **CESPE – PCF – PF - Área 7 - Cargo 8 – Questão para fixação**

Com relação aos agregados do concreto, julgue o item seguinte.

Friabilidade é a tendência apresentada pelo material de se agregar, sendo mais crítica em climas frios.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** como vimos, friabilidade é bem diferente do conceito apresentado. Trata-se da tendência dos grãos do agregado se desmancharem perante a aplicação pressão dos dedos.

**Gabarito: “errado”.**

#### **CESPE – Ana. Jud. – TRT 5 – Eng. Civil – Questão para fixação de 2008**

O controle, o armazenamento e a utilização apropriados de materiais de construção influenciam diretamente a qualidade, a redução de custos e o aumento da produtividade das atividades de construção. Com relação a esse tema, julgue o item seguinte.

Elevadas quantidades de pó de pedra na brita prejudicam a qualidade do concreto.

( ) CERTO ( ) ERRADO

**Comentários:** como vimos, o pó de pedra é um tipo de material pulverulento, devendo sim ter seu teor controlado quando utilizado em um concreto.

**Gabarito: “certo”.**

## **Inchamento de agregados**

O inchamento de agregados nada mais é do que o seu **aumento de volume provocado pela água livre do concreto, que adere** aos grãos, alterando a massa unitária do material. Como os **agregados miúdos** possuem maior **superfície específica**, trata-se de um fenômeno típico dessa faixa granulométrica. Assim, aqueles agregados de menor tamanho, como **areias finas**, tendem a ter **maior inchamento** do que os maiores, como areias **grossas**. Como efeito da superfície específica dos agregados, tem-se também a influência dos agregados sobre a água livre no concreto para hidratação do cimento.

Para estudar o inchamento, utilizamos o coeficiente de inchamento (CI), que é a razão entre o volume úmido ( $V_h$ ) e o volume seco ( $V_s$ ):



$$CI = \frac{V_h}{V_s}$$

Foi definido na NBR 6467, que regulamenta esse ensaio, um conceito mais abstrato: **umidade crítica**, que é o **teor de umidade acima do qual** esse coeficiente de **inchamento** pode ser considerado **constante** e **igual** ao **coeficiente de inchamento médio** (por vezes a norma e as questões de prova chamam esse coeficiente somente de **coeficiente de inchamento**, omitindo o termo “médio”). Mas o que seria o coeficiente de inchamento médio? Seria a média entre o coeficiente de inchamento para a umidade crítica e o máximo coeficiente de inchamento que o material pode atingir. Tá difícil? Continue lendo, haverá um gráfico para explicá-lo como calcular, aí você entenderá.

O ensaio inicia-se com a coleta da amostra, que é seca em estufa e tem sua massa unitária obtida. Então, adiciona-se água para se obter vários teores de umidade, 0,5%, 1%, 2%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12%, quando então se calcula a massa unitária de cada material. Com esses teores, as cápsulas com o agregado são secadas em estufa, permitindo-se obter o coeficiente de inchamento ( $V_h/V_s$ ) dado pela fórmula a seguir para o laboratório:

$$\frac{V_h}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_h} x \left( \frac{100 + h}{100} \right)$$

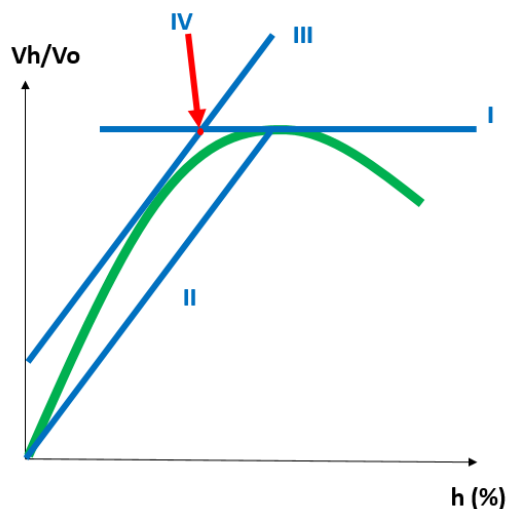
$\gamma_h$ : massa unitária do agregado com um determinado teor de umidade (h)

$\gamma_s$ : massa unitária do agregado seco em estufa

O grande segredo desse ensaio não está nos cálculos, mas sim no gráfico obtido (Figura 20) com o coeficiente de inchamento *versus* o teor de umidade da amostra correspondente (h em percentual), conforme a seguir. A partir desse gráfico, fazemos os procedimentos para se encontrar a umidade crítica:

- I) Traçar a reta tangente à curva paralela ao eixo das unidades;
- II) Traçar a corda (s) que une a origem das coordenadas ao ponto de tangência da reta traçada;
- III) Traçar nova tangente (t) a curva, paralela a essa corda;
- IV) A umidade crítica será a abscissa correspondente à interseção dessa nova tangente paralela e da primeira tangente traçada.





**Figura 20: gráfico para obtenção da umidade crítica**

Por fim, tendo em mãos o coeficiente de inchamento máximo, dado pelo gráfico, e o teor correspondente a umidade crítica obtido pelo método que acabamos de explicar, calcula-se então o coeficiente de inchamento médio, pela média simples desses 2 coeficientes:

$$\text{Coef. Inch. médio} = \frac{\text{Coef. Inch. máx} + \text{Coef. Inch. Umid. Crítica}}{2}$$

O relatório ou **certificado do ensaio de inchamento** deve apresentar os principais parâmetros obtidos nesse ensaio, que são:

- **Curva** de inchamento traçada em gráfico (como na Figura 20);
- Valor da **umidade crítica**;
- Valor do **coeficiente de inchamento médio**.

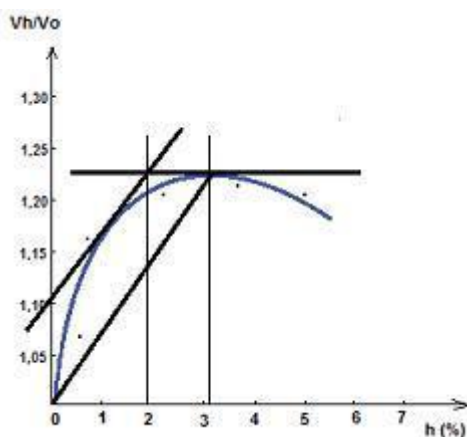


Se tivermos uma mesma quantidade de água e cimento em dois concretos, tendo como diferença o fato do concreto 1 ter pouco agregado miúdo e muito mais agregados graúdos do que o concreto 2, como poderíamos comparar a resistência a compressão desses 2 concretos? Basicamente, o primeiro concreto, por ter agregados de maior tamanho, possuirá menor superfície específica para atrair a água do concreto 2, resultando em uma maior hidratação do cimento no concreto 1, com um maior ganho de resistência ao longo do tempo. O motivo é que, no concreto 2, grande parte da água que hidrataria o cimento é aprisionada na superfície dos agregados finos, que têm maior superfície específica, atraindo a água por forças de atração intermoleculares, tais como as forças de Van der Waals.



### ESAF - Técnico Infraestrutura de Transportes – Questão para fixação

Considere a curva de inchamento de uma areia X e analise as afirmativas a seguir.



- I. Quanto mais fina a areia, menor o coeficiente de inchamento para uma determinada umidade.
- II. Na curva de inchamento acima, a umidade crítica é de 2%.
- III. O coeficiente de inchamento para uma areia X será dado pela média aritmética entre o coeficiente de inchamento máximo e aquele correspondente à umidade crítica.

É correto apenas o que se afirma em

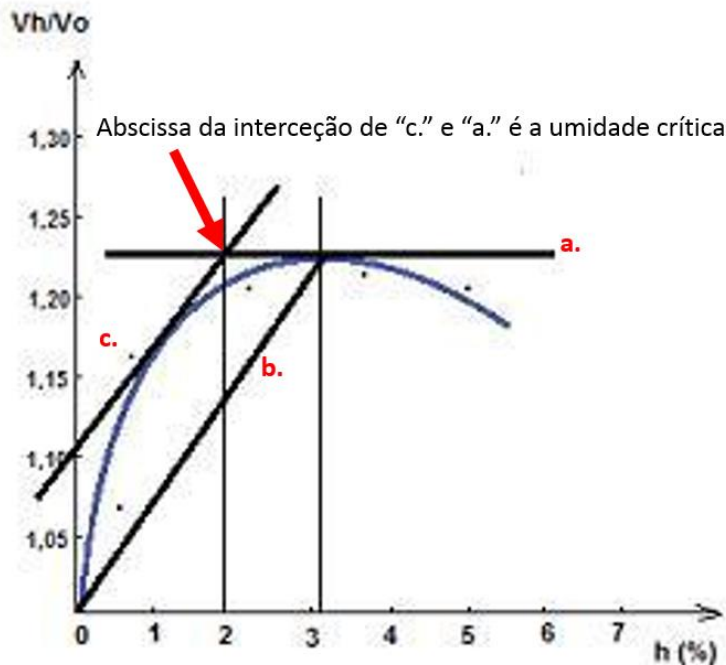
- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

**Comentários:** vejamos cada afirmação:

- I) Pelo contrário, quanto menor ou mais fina a areia, maior o coeficiente de inchamento para uma dada umidade, pois grãos menores possuem maior área superficial. Item errado.
- II) Calculemos a umidade crítica pelos passos abaixo, acompanhando também a figura a seguir:
  - a) Traçar a reta tangente à curva paralela ao eixo das unidades;



- b) Traçar a corda (s) que une a origem das coordenadas ao ponto de tangência da reta traçada;
- c) Traçar nova tangente (t) a curva, paralela a essa corda;
- d) A umidade crítica será a abscissa correspondente à interseção dessa nova tangente paralela e da primeira tangente traçada.



Encontramos a umidade crítica de 2%, portanto, está correto.

- III) A definição está correta, pois o coeficiente de inchaço médio é a média do inchaço para a umidade crítica e o coeficiente de inchaço máximo. Correto.

**Gabarito: "e"**

### CESGRANRIO - INEA/Eng. Civil – Questão para fixação

Segundo a NBR 6467/2006 (Agregados – Determinação do inchaço de agregado miúdo – Método de ensaio), no certificado de ensaio dos resultados deve constar a(o)

- a) curva de inchaço traçada em gráfico, o valor da umidade crítica e o valor do coeficiente de inchaço médio.
- b) curva de inchaço traçada em gráfico, o valor da umidade média e a granulometria do agregado.
- c) curva de inchaço, o valor da umidade média e o valor do coeficiente de inchaço mínimo.



d) valor da umidade crítica, o valor do coeficiente de inchamento médio, a curva de granulometria em gráfico e a curva de saturação.

e) valor da umidade crítica, a granulometria do agregado em gráfico e a curva de saturação.

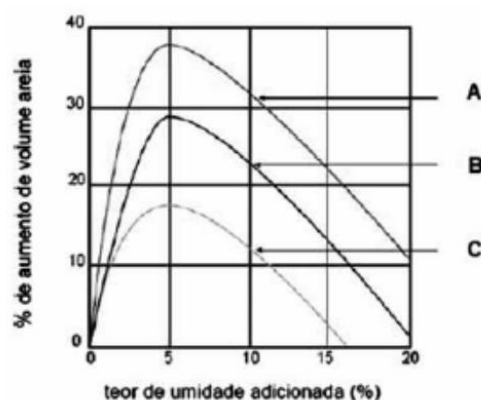
**Comentários:** o certificado do ensaio de inchamento deve apresentar as seguintes informações, de acordo com a NBR 6467:

- Curva de inchamento;
- Umidade crítica;
- Coeficiente de inchamento médio.

Apenas a alternativa “a” contém esses 3 itens.

**Gabarito: “a”.**

**CESPE - FUB – Tecnólogo - 2015**



Para conhecer as características dos agregados miúdos que poderão ser utilizados na dosagem do concreto que será usado em uma obra, um laboratorista realizou o ensaio previsto na norma NBR n.º 6467/2006 e obteve como resultado as curvas do gráfico apresentado.

Considerando o ensaio realizado, julgue o item que se segue, a respeito da norma NBR n.º 6467/2006.

A curva de inchamento A é característica de areias grossas, que apresentam maior inchamento devido ao fato de a tensão superficial da água manter as partículas mais afastadas, ao passo que a curva C é característica de areias finas.

( ) CERTO      ( ) ERRADO



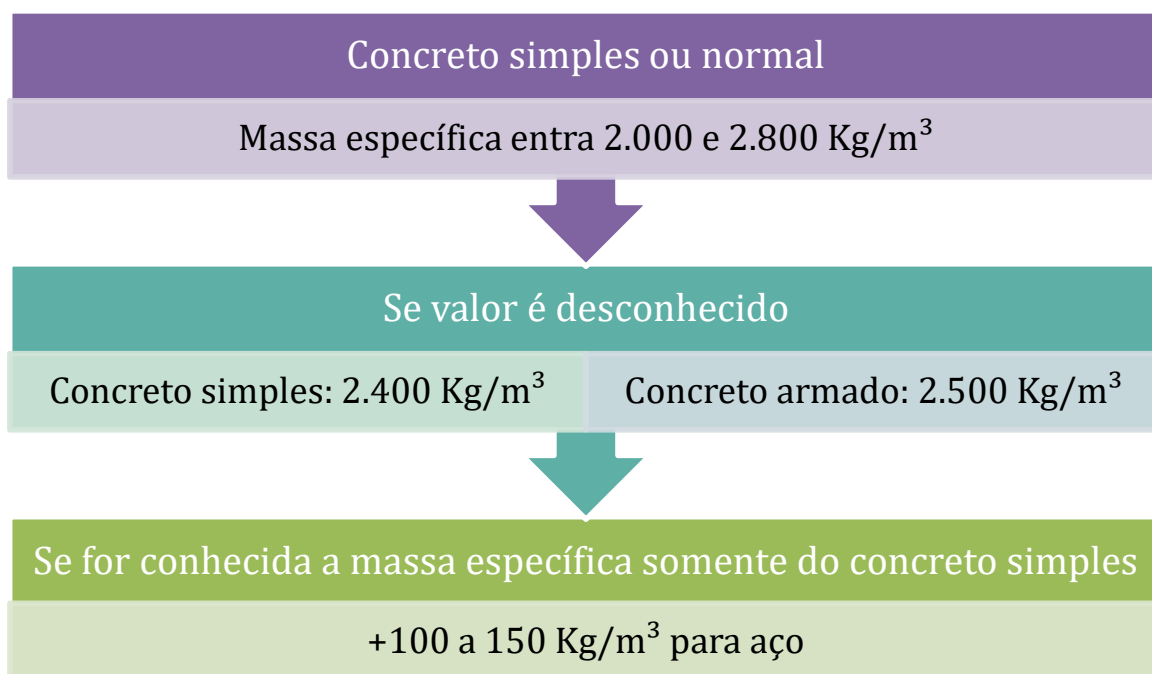
**Comentários:** como, pelo gráfico, a areia A sofre maior inchamento do que a C, muito provavelmente a areia A será mais fina do que a C, pois o inchamento depende sobretudo da superfície específica do agregado.

**Gabarito:** “errado”.

## MASSA ESPECÍFICA DO CONCRETO

Como vimos, as NBRs 12.655 e 6118 dizem que um **concreto simples ou normal** possui massa específica **entre 2.000 e 2.800 Kg/m<sup>3</sup>**. No **caso de não se conhecer** o valor dessa taxa, devemos utilizar a média para o concreto simples (ou normal), ou seja, **2.400 Kg/m<sup>3</sup>**, enquanto no caso de ser **concreto armado**, devemos adotar **2.500 Kg/m<sup>3</sup>**.

Por fim, é dito na NBR 6118 que, **caso** tenhamos **só a massa** específica do **concreto simples** (portando, sem armação), devemos **adicionar** entre **100 e 150 Kg/m<sup>3</sup>** a esse valor para termos a massa específica do concreto armado.



HORA DE  
**PRATICAR!**

### CESGRANRIO – PETROBRAS - Eng. Civil Júnior – Exercício para fixação

Considere a NBR 6118:2007 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) para responder à questão.



Em uma determinada estrutura de concreto armado, o valor da massa específica real do concreto simples vale 2.400 kg/m<sup>3</sup>.

Dentre os valores apresentados, o que pode ser adotado como massa específica do concreto armado, em kg/m<sup>3</sup>, é

- a) 2.300
- b) 2.350
- c) 2.400
- d) 2.550
- e) 2.900

**Comentários:** a questão já informou a massa específica do concreto simples, 2.400 Kg/m<sup>3</sup>. Sabemos que a massa específica a se considerar para o aço tem que ser entre 100 e 150 Kg/m<sup>3</sup>. Assim, poderíamos escolher qualquer valor entre 2.500 e 2.550 Kg/m<sup>3</sup>. Assim, só há uma opção nesse intervalo, a letra “d”.

**Gabarito: “d”**

#### **CESGRANRIO - Ana Amb. – INEA-Eng. Civil – Exercício para fixação de 2008**

A NBR 12655/2006 (Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento) define como concreto normal o concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica

- a) maior que 2000kg/m<sup>3</sup>, mas não excede 2800kg/m<sup>3</sup>.
- b) maior que 2000kg/m<sup>3</sup> e menor que 2500kg/m<sup>3</sup>, apenas.
- c) entre 2400kg/m<sup>3</sup> e 2500kg/m<sup>3</sup>, apenas.
- d) menor que 1800kg/m<sup>3</sup>.
- e) menor que 1500kg/m<sup>3</sup>.

**Comentários:** a NBR 12655/2006 define concreto normal como aquele que tem massa específica entre 2.000 e 2.800 Kg/m<sup>3</sup>.

**Gabarito: “a”**



## LISTA DE QUESTÕES

### 1. INSTITUTO AOCP/2015/EBSERH/Eng. Civil/HC-UFG

Qual dos aglomerantes a seguir é definido como aglomerante hidráulico simples?

- a) Gesso resultante da calcinação da gipsita que é encontrada em depósitos artificiais.
- b) Cimento Portland Comum constituído de sulfato de cálcio e silicatos.
- c) Cimento Portland Comum constituído de silicatos e aluminatos de cálcio.
- d) Cal aérea obtida do calcário com teor desprezível de argila.
- e) Gesso resultante da calcinação da gipsita que é encontrada em depósitos naturais.

### 2. IESES - 2016 - BAHIAGÁS - Técnico de Processos Tecnológicos

Aglomerantes são materiais ligantes, geralmente pulverulentos, que promovem a união entre os grãos dos agregados. Os aglomerantes são utilizados na obtenção de pastas, argamassas e concretos. Faça correspondência entre a coluna superior e inferior assinalando a alternativa correspondente à aglomerantes hidráulicos.

I. Compostos

II. Simples

III. Aéreo

IV. Misto

( ) São aglomerantes que reagem em presença de água. São constituídos de um único aglomerante, podendo ser misturados a outras substâncias, em pequenas quantidades, com a finalidade de regular sua pega. Exemplo: CPC – Cimento Portland Comum.

( ) São aglomerantes simples, porém, misturados com produtos tais como a Pozolana, Escórias, etc. Exemplo: CPZ - Cimento Portland Pozolânico.

( ) É a mistura de dois ou mais aglomerantes simples. Exemplo: Cimento + cal.

( ) Endurecem pela ação química ao CO<sub>2</sub> do ar. Exemplo: Cal Aérea.

II, III, I e IV.

I, II, IV e III.

II, I, IV e III.

IV, I, II e III.

II, I, III e IV.

### 3. IBFC – EBSERH – HUAP - Eng. Civil - 2016



Assinale a alternativa correta:

Para se obter somente a pasta, no preparo do concreto, é necessário:

- a) Cimento, agregado miúdo e água
  - b) Cimento, agregado graúdo e água
  - c) Cimento e água
  - d) Cimento e agregado miúdo
  - e) Cimento, agregado miúdo e agregado graúdo
- 

#### **4. IBFC – EBSERH – HUAP - Eng. Civil - 2016**

Assinale a alternativa correta:

O concreto, é o conjunto de:

- a) Cimento, agregado miúdo e água
  - b) Cimento, agregado graúdo e água
  - c) Cimento e água
  - d) Cimento e agregado miúdo
  - e) Cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo
- 

#### **5. FCC - TRF 3 - Eng. Civil - 2014**

A função principal da adição de gesso ao clínquer, no processo de produção do cimento Portland, é

- a) aumentar a durabilidade.
  - b) aumentar a finura.
  - c) alterar a permeabilidade.
  - d) controlar o calor de hidratação.
  - e) controlar o tempo de pega.
- 

#### **6. FCC TRT 12 - Eng. Civil – Questão de fixação**

O cimento é composto pelo clínquer, que tem como matérias-primas o calcário e a argila, e pelas adições, como o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos. O gesso está presente em todos os tipos de cimento Portland e tem a função básica de

- a) melhorar a resistência final do cimento.
- b) controlar o tempo de pega.



- c) melhorar a durabilidade.
- d) alterar a moagem do clínquer.
- e) alterar a propriedade ligante do clínquer.

---

### 7. FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil - Adaptado

Julgue o item a seguir relativo à cal e suas propriedades:

Cal é o nome genérico de um aglomerante simples, resultante da calcinação de rochas calcárias, que se apresentam sob diversas variedades, com características resultantes da natureza da matéria prima empregada e do processamento conduzido. A calcinação da rocha calcária pura resulta na produção do peróxido de cálcio puro.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 8. UEG - TJ-GO - Téc Jud - Eng Civil - Adaptado

Sobre a composição do cimento Portland, analise a validade das afirmações a seguir.

- I. O cimento Portland é essencialmente formado por silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico, além da magnésia e de pequena quantidade de cal livre.
- II. A alumina é componente essencial dos cimentos, com participação entre 60 e 67%, e, quando combinada com a cal, acelera o processo de pega.
- III. A proporção de sílica no cimento Portland, que é originária do sulfato de cálcio, varia de 5 a 10%, combinada com outros componentes.
- IV. A cal é componente essencial do clínquer, com participação entre 60 e 67%, e a resistência mecânica do cimento aumenta com o teor de cal, desde que se encontre completamente combinada.

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas as afirmações I e II são verdadeiras.
- B) Apenas as afirmações I, III e IV são verdadeiras.
- C) Apenas as afirmações I e IV são verdadeiras.
- D) Todas as afirmações são verdadeiras

---

### 9. FUNCERN - CAERN – Eng. Civil – Questão para fixação

No interior do forno de produção de cimento, a sílica, a alumina, o óxido de ferro e o óxido de cálcio reagem dando origem ao clínquer, cujos compostos principais são:

- A) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e sulfato de cálcio.



- B) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, carbonato de cálcio e ferroaluminato tetracálcico.
- C) Silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico.
- D) Silicato tetracálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico e ferroaluminato tetracálcico.

---

**10. CESPE - ANAC - Especialista em Regulação de Aviação Civil - Área 3 – Questão para fixação**

A respeito de materiais utilizados na construção civil, julgue os itens seguintes.

O ferro aluminato de cálcio (C<sub>4</sub>AFe), um dos compostos do cimento, contribui significativamente para o aumento da resistência do concreto ao longo tempo.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**11. FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil – Adaptado**

Julgue o item a seguir relativo ao cimento Portland:

Cimento Portland é o produto obtido pela pulverização de clínquer constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego. A cal, sílica, alumina e óxido de ferro são os componentes essenciais do cimento Portland.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**12. FMP Concursos - MPE-AC - Analista Pericial – Eng. Civil – Adaptado**

Julgue o item a seguir relativo ao cimento Portland:

De um modo geral, os cimentos são aglomerantes usuais utilizados em construção e têm comportamento satisfatório em meios ácidos, não resistindo, porém, ao ataque de meios alcalinos.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**13. CESPE – PCF - Área 7 – Questão para fixação**

O bom desempenho de uma obra de concreto depende da qualidade dos materiais de construção e da qualidade da execução. No que diz respeito a obras em concreto, julgue o item a seguir.

A resistência do concreto à compressão independe da sua idade.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**14. IBFC - EMBASA/Técnico Oper./Edificações/2017**





Analise as afirmações abaixo e assinale a alternativa correta.

I. O concreto armado pode ter surgido da necessidade de se aliarem as qualidades da pedra com as do aço, com as vantagens de poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e proporcionar a necessária proteção do aço contra a corrosão.

II. O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e ar.

- a) Somente a afirmação I está correta
- b) Somente a afirmação II está correta
- c) As duas afirmações estão corretas
- d) Nenhuma das afirmações está correta

---

### 15. UFC CCV/2014/UFCA/Eng Civil/adaptada

Os concretos de emprego usual nas estruturas são constituídos de quatro materiais, ou seja, cimento Portland, água, agregado fino e agregado graúdo. O cimento e a água formam a pasta, que enche a maior parte dos espaços vazios entre os agregados. Algum tempo depois de misturado o concreto, a pasta endurece, formando um material sólido. Julgue o item a seguir:

Os cimentos Portland são cimentos hidráulicos produzidos pela pulverização de clínquer formado essencialmente por silicatos de cálcio, com adição de sulfatos de cálcio e outros compostos.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 16. Questão 40: CESPE - 2015/FUB/Eng. Civil

No mercado brasileiro, há diversos tipos de cimento Portland, que se diferenciam, principalmente, em função de composição química, formas de adição e propriedades físicas, cabendo ao engenheiro definir o cimento adequado ao projeto de engenharia, bem como realizar o controle tecnológico e estabelecer o correto armazenamento desse material. Com relação a tipos, propriedades, controle tecnológico e armazenamento do cimento, julgue o item subsequente.

Ao serem hidratados, os compostos do cimento Portland reagem com a água, atingindo estados estáveis de baixa energia e liberando calor de hidratação, que pode ser medido com o uso de garrafa de Langavant.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 17. CESPE - TC-DF/ACE – Questão de fixação

A respeito da especificação de materiais utilizados na construção e de suas características físicas, julgue o item subsequente.



A finura dos cimentos está relacionada diretamente à velocidade de hidratação no preparo de argamassas e concretos.

( ) CERTO ( ) ERRADO

---

### 18. CESPE/Eng. Civil/FUB

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que, ao serem misturados com a água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa. Com relação a características básicas desse cimento, julgue os itens seguintes.

A finura do cimento Portland pode ser determinada por meio do ensaio de sedimentação.

( ) CERTO ( ) ERRADO

---

### 19. IBFC - Eng/EBSERH-HUGG/Civil/2017/adaptada

Conhecer as características dos materiais é de extrema importância no processo de confecção dos concretos, pois influenciam diretamente nas propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido.

Quanto à influência de uma maior finura do cimento, estão corretas as alternativas:

- I. Melhora a resistência do concreto principalmente nas primeiras idades.
- II. Diminui a exsudação e outros tipos de segregação.
- III. Aumenta a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão dos concretos.
- IV. Aumenta a liberação de maior quantidade de calor nas reações de hidratação tornando os concretos mais sensíveis ao fissuramento.

Assinale a alternativa correta.

- A) I, II, III, IV
  - B) I, II, IV apenas
  - C) II, III, IV apenas
  - D) II, IV apenas
  - E) I, III, IV apenas
- 

### 20. CESPE - FUB/Eng. Civil/2016

A respeito dos sistemas e processos construtivos e dos materiais utilizados em obras de edificações, julgue o seguinte item.

A exsudação, fenômeno de segregação de água que ocorre na pasta de cimento, prejudica a uniformidade, a resistência e a durabilidade do concreto.

( ) CERTO ( ) ERRADO

---



---

### 21. FCC – 2016 – Analista – Pref Teresina – Técnico em Edificações – Adaptado

Para que se evite a ocorrência de fissuração de origem térmica por ocasião de seu lançamento, a temperatura do concreto deve estar no limite entre

- a) 22 °C e 35 °C.
- b) 5 °C e 25 °C.
- c) 15 °C e 38 °C.
- d) 5 °C e 30 °C.
- e) 25 °C e 40 °C.

---

### 22. FCC - TRT – 2015 - 3ª Região MG – Ana. Judiciário – Eng. - Adaptado

Como os gessos puros apresentam velocidade de pega e endurecimento

- a) muito mais rápida que o cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos retardadores.
- b) muito mais lenta que o cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos aceleradores.
- c) igual ao cimento portland e mais lenta que a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos aceleradores.
- d) muito mais lenta que o cimento portland e igual a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil em conjunto com aditivos retardadores.
- e) igual ao cimento portland e a cal hidratada, para haver maior flexibilidade na aplicação, é comum a sua utilização em construção civil sem a necessidade do uso de aditivos.

---

### 23. FCC - 2014 - TJ-AP – Ana. Jud. – Eng. Civil

A cal é, certamente, o ligante mais antigo utilizado pela humanidade. Seu endurecimento, quando comparado ao do cimento Portland e gesso é

- a) muito lento, pois depende da difusão da água para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, tem também muita importância para a cal.
- b) muito lento, pois depende da difusão do CO<sub>2</sub> para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.



- c) muito rápido, pois depende da difusão do CO<sub>2</sub> para o exterior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.
- d) muito rápido, pois depende da difusão do O<sub>2</sub> para o interior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, não tem importância para a cal.
- e) idêntico, pois depende da difusão de moléculas de H<sub>2</sub>O para o exterior do produto. Conceito como tempo de pega, fundamental para o cimento e o gesso, tem também significativa importância para a cal.

---

#### 24. CESPE - FUB – Eng. Civil – Questão para fixação

O cimento Portland é um material pulverulento, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio que, ao serem misturados com a água, hidratam-se e produzem o endurecimento da massa. Com relação a características básicas desse cimento, julgue os itens seguintes.

O tempo de pega do cimento Portland é determinado pelo ensaio de compressão edométrica.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

#### 25. FGV – 2018 – COMPESA - Anal. Saneamento – Eng. Civil

O termo pega se refere à solidificação da pasta plástica de cimento. Sobre o assunto, leia o fragmento a seguir.

“Quando o (a) \_\_\_ é de baixa reatividade e ao mesmo tempo uma \_\_\_ quantidade de sulfato de cálcio está presente no cimento, ocorrerá uma formação rápida de grandes cristais de gipsita e uma perda de consistência. Esse fenômeno é chamado de \_\_\_, e não está associado a uma grande evolução de calor.”

Assinale a opção cujos termos completam corretamente as lacunas do fragmento acima.

- A) aluminato tricálcico – grande – falsa pega
- B) aluminato tricálcico – baixa – falsa pega
- C) aluminato tricálcico – grande – pega instantânea
- D) belita – grande – pega rápida
- E) belita – baixa – pega rápida

---

#### 26. IBFC - Docas PB - Eng. Civil - 2015

Analise as afirmações a seguir sob a Rubrica do tema "Concreto" e indique quais as afirmações estão corretas. O tempo que decorre desde a adição de água até o início das reações com os compostos de cimento é chamado de tempo de início de pega. A duração da pega é influenciada pelos seguintes fatores:

I. Cimentos ricos em C<sub>3</sub>A, um composto que reage imediatamente na adição da água, dão pega muito rapidamente, devendo, em muitos casos, ter o tempo corrigido com a adição de gesso.



II.A duração da pega varia na razão direta do grau de moagem, sendo que os cimentos moídos muito finos dão início de pega mais lento.

III.O aumento de temperatura diminui o tempo de pega.

Assinale a alternativa correta:

- a) Estão corretas as afirmações I e II.
- b) Estão corretas as afirmações II e III.
- c) Estão corretas as afirmações I e III.
- d) Estão corretas as afirmações I, II e III.

---

### 27. CESPE – PF - Área 7 – Questão para fixação

Com relação aos aglomerantes e aos materiais em geral, é importante conhecer suas principais propriedades e ensaios. Acerca desse tema, julgue o item seguinte.

A caracterização da pega do cimento é realizada pela determinação de dois tempos: o de início e o de fim da pega.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 28. AOCF – 2015 - Ana. Jud. - TRE AC - Eng.

Em relação à execução de estruturas em concreto, assinale a alternativa correta.

- a) Uma temperatura de concreto fresco, mais elevada que o normal, resulta em uma hidratação do cimento mais rápida, e leva, portanto, à pega acelerada e menor resistência em longo prazo do concreto endurecido.
- b) A cura do concreto em temperaturas elevadas e ar seco é desejável para o concreto, já que a água de cura tende a evaporar rapidamente, com consequente aumento da velocidade de hidratação.
- c) No caso de concretagem de estrutura em clima quente, não é possível usar gelo como parte da água de amassamento, pois o calor seria retirado de outros ingredientes para prover calor para a fusão do gelo.
- d) Ao executar uma concretagem de estrutura em clima frio, caso o concreto que ainda não tenha entrado em pega congele, a água de amassamento se transforma em gelo, visto que não há água disponível para as reações químicas e a pega e o endurecimento do concreto são imediatos.
- e) Um concreto executado em clima frio deve ser protegido dos danos do congelamento nas idades iniciais, mas não é necessário que seja uma estrutura resistente à ocorrência de ciclos de gelo-degelo ao longo da sua vida útil.

---

### 29. FCC - TRT 15 - Anal. Jud. - Eng Civil – Questão para fixação



Quando presentes no cimento os materiais carbonáticos finamente divididos são conhecidos como fíler calcário. Tal adição nos concretos e nas argamassas

- a) aumentam a trabalhabilidade e diminuem a permeabilidade e a capilaridade.
- b) aumentam a trabalhabilidade e a permeabilidade e diminuem a capilaridade.
- c) diminuem a trabalhabilidade e aumentam a permeabilidade e a capilaridade.
- d) diminuem a trabalhabilidade, a permeabilidade e a capilaridade.
- e) aumentam a trabalhabilidade, a permeabilidade e a capilaridade.

---

### 30. IBFC - 2017 - EBSEH - HUGG - Eng. Civil - Adaptado

Para melhorar as características do concreto, analise a afirmativa a seguir.

Como adições minerais utilizam escória de alto-forno (resíduo do processo de produção do aço), materiais pozolânicos (argilas calcinadas e finamente moídas, cinza de casca de arroz, cinzas volantes, sílica ativa.) A sílica ativa atua na zona de transição entre a pasta de cimento e o agregado graúdo, onde se verifica em concretos comuns grande quantidade de portlandita, repercutindo em considerável enfraquecimento da ligação e, conseqüentemente da própria resistência do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 31. FCC - TRF 3 - Eng. Civil - 2014

O cimento Portland de alto-forno é o aglomerante hidráulico obtido pela mistura homogênea de clínquer Portland e escória granulada de alto-forno, moídos em conjunto ou em separado. As classes correspondentes ao cimento Portland de alto-forno são:

- a) CP IV-25 e CP IV-32.
- b) CP III-25, CP III-32 e CP III-40.
- c) CP II-25 e CP II-32.
- d) CP V-25 e CP V-32.
- e) CP IV-25, CP IV-32 e CP IV-40.

---

### 32. FCC - TRT 16 - Eng. Civil - 2014

Os tipos de cimento Portland são designados de acordo com sua composição e o tipo de adições utilizadas. As siglas CP II-E, CP II-Z e CP II-F referem-se, respectivamente, ao cimento Portland

- a) de alto-forno, cimento Portland pozolânico e cimento composto com fíler.
- b) de alto-forno, cimento Portland composto com pozolana e cimento Portland comum com adição de fíler.





- c) composto com escória, cimento Portland composto com pozolana e cimento Portland composto com fíler.
- d) composto com escória, cimento Portland de alto-forno e cimento Portland comum com fíler.
- e) composto com escória, cimento Portland pozolânico e cimento Portland comum com adição de fíler.

---

### 33. FCC – TRT 5 - Eng. Civil – Questão para fixação

Em uma indústria localizada na região litorânea do norte do estado da Bahia, na execução de tubos e canaletas para a condução de líquidos agressivos e efluentes industriais, recomenda-se o uso de cimento Portland

- a) de baixo calor de hidratação.
- b) comum.
- c) branco.
- d) de alto-forno e cimento pozolânico.
- e) composto com escória.

---

### 34. CESPE – PF - Área 7 – Questão para fixação

O bom desempenho de uma obra de concreto depende da qualidade dos materiais de construção e da qualidade da execução. No que diz respeito a obras em concreto, julgue o item a seguir.

A composição química e a finura do cimento não alteram a resistência do concreto à compressão.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 35. FCC - TCM-CE – ACE – Questão para fixação - Adaptado

Sobre obras em ambientes agressivos, considere:

- I. No que diz respeito à resistência química dos concretos às ações agressivas, é necessário considerar dois fatores: a porosidade do concreto e a resistência química do aglomerante.
- II. As alterações químicas resultam principalmente da presença de hidrato de cálcio livre ou de aluminatos de cálcio.
- III. Os cimentos de alta resistência inicial são geralmente de mais alta resistência química, pois o C3S (silicato cálcico) é o maior responsável pela liberação da cal.

Está correto o que se afirma em

- a) I, apenas.



- b) I e II, apenas.
- c) I, II e III.
- d) II e III, apenas.
- e) III, apenas.

---

**36. CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O cimento Portland de alta resistência inicial é indicado quando há necessidade de remoção rápida das fôrmas.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**37. CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O cimento supersulfatado, conhecido como cimento de escória, possui alta resistência à água do mar.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**38. CESPE - 2018 - ABIN - Oficial Técnico de Inteligência - Área 5**

A respeito das características e do emprego do cimento como material de construção, julgue o item a seguir.

O tempo de pega do cimento Portland de alta resistência inicial é inferior ao do cimento Portland comum.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**39. COMPERVE – 2017 – MPE-RN – Ana. Eng. Civil**

Os cimentos Portland são largamente utilizados na construção civil, sendo possível encontrar vários tipos que são comercializados com diferentes designações, de acordo com os tipos de adições utilizadas, as características físicas e as composições químicas de cada cimento. Portanto, a escolha do cimento mais adequado para ser usado em uma determinada obra de engenharia deve estar pautada no conhecimento das propriedades de cada um deles. Nesse contexto, é correto afirmar que

- a) uma das características do cimento Portland do tipo CP V ARI é a de conter, em sua composição, altos teores de silicato dicálcico (C2S).



- b) uma das características do cimento Portland resistente aos sulfatos é a de conter, em sua composição, baixo teores de silicato tricálcico (C3S).
- c) os cimentos Portland do tipo CP II F são recomendados para obras que necessitem de baixo calor de hidratação devido aos altos teores de filer pozolânico em sua composição.
- d) os cimentos Portland do tipo CP IV são recomendados para obras de elevada classe de agressividade devido aos altos teores de pozolanas na sua composição.

#### 40. CESPE – FUB - 2015 – Eng. Civil

No mercado brasileiro, há diversos tipos de cimento Portland, que se diferenciam, principalmente, em função de composição química, formas de adição e propriedades físicas, cabendo ao engenheiro definir o cimento adequado ao projeto de engenharia, bem como realizar o controle tecnológico e estabelecer o correto armazenamento desse material. Com relação a tipos, propriedades, controle tecnológico e armazenamento do cimento, julgue o item subsequente.

Os cimentos mais escuros — aqueles com maior teor de óxido férrico ( $Fe_2O_3$ ) — apresentam maior resistência que os claros.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

**Essa próxima questão teve suas alternativas adaptadas para ficar um pouco mais difícil.**

#### 41. UFMT - 2016 - TJ-MT – Ana. Judiciário – Eng. Civil

Na primeira coluna, estão apresentadas as siglas dos cimentos Portland e na segunda coluna, a especificação desses tipos de cimentos. Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

1 – CP I	( ) Cimento Portland Pozolânico
2 – CP II	( ) Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
3 – CP III	( ) Cimento Portland Comum
4 – CP IV	( ) Cimento Portland de Alto-Forno
5 – CP V	( ) Cimento Portland Composto

Assinale a sequência correta preenchendo na segunda coluna os números correspondentes da primeira.

- a) 3, 5, 1, 4, 2
- b) 4, 5, 1, 3, 2
- c) 4, 3, 1, 2, 5
- d) 3, 4, 1, 5, 2

#### 42. CESPE - 2018 - Esp. Portuário – EMAP - Eng. Civil

Acerca da classificação e do uso de agregados na indústria da construção, julgue o item subsequente.



A vermiculita expandida é um agregado produzido por tratamento térmico, tendo como principal utilização a produção de concreto de baixa densidade.

( ) CERTO ( ) ERRADO

---

**43. CESPE - CGM João Pessoa – 2018 - Audit. e Fiscal. - Auditor Municipal de Controle Interno**

No concreto leve, os agregados pétreos podem ser substituídos por pérolas de poliestireno expandido, vermiculita ou argila expandida.

( ) CERTO ( ) ERRADO

---

**44. IDECAN – 2017 - Oficial Bombeiro Militar - CBM DF - Eng. Civil**

As alvenarias podem ser feitas utilizando-se o barro cozido, os blocos de concreto, o concreto celular, o tijolo de vidro e as pedras naturais. De acordo com a fabricação do concreto celular para alvenarias, assinale a afirmativa INCORRETA.

- a) O processo de fabricação do concreto celular permite a formação de um composto químico de elevada porosidade.
- b) O concreto celular autoclavado (tipo siporex) é um concreto leve, fabricado a partir de uma mistura de cimento e materiais silicosos.
- c) A estrutura do concreto celular muito uniforme permite que o produto seja bem leve, bom isolante térmico e péssimo isolante acústico.
- d) O composto químico do concreto celular caracteriza-se por sua grande resistência mecânica e estabilidade dimensional, considerando o composto químico e o silicato de cálcio.

---

**45. CESGRANRIO – Transpetro – Eng. Júnior – Questão para fixação de 2008**

A NBR 12655/2006 (Concreto de Cimento Portland) define como concreto pesado o concreto endurecido que, quando seco em estufa, apresenta massa específica, em kg/m<sup>3</sup>, maior que

- a) 800
- b) 2400
- c) 2500
- d) 2800
- e) 3200

---

Essa questão a seguir é para fixação de conceitos ao se aplicar fórmulas. O importante nessa questão é entender os conceitos e não, acertá-la de primeira.

**46. ESAF – DNIT - Téc. Infra. Transp. – Questão de fixação - Adaptada**



Abertura Malha	Massa retida (g)	Massa retida acumulada (g)	% massa retida acumulada
75 mm	-	-	-
63 mm	-	-	-
50 mm	-	-	-
37,5 mm	-	-	-
25 mm	-	-	-
19 mm	-	-	-
12,5 mm	-	-	-
9,5 mm	-	-	-
6,3 mm	20	20	2%
4,75 mm	50	70	7%
2,36 mm	250	320	32%
1,18 mm	300	620	62%
600 $\mu\text{m}$	200	820	82%
300 $\mu\text{m}$	100	920	92%
150 $\mu\text{m}$	60	980	98%
Fundo	20	1000	100%

A Tabela anterior mostra o resultado do ensaio de granulometria de uma areia. A partir dos dados pode-se afirmar que

- a) o módulo de finura da areia é superior a 5.
- b) a dimensão máxima característica da areia é 4,75 mm.
- c) mais de 80% dos grãos possuem diâmetro inferior a 600  $\mu\text{m}$ .
- d) 7% do material têm dimensão inferior à abertura de malha de 4,75mm.
- e) 2% do material possuem diâmetro inferior a 150  $\mu\text{m}$ .

#### 47. FCC – Ana. Judiciário – TRT 6 – Eng. Civil – Questão para fixação

Os agregados devem atender a alguns requisitos básicos de qualidade para garantir um bom desempenho quando utilizados em concreto hidráulico. Para esta finalidade, são consideradas qualidades desejáveis:

- a) adequada distribuição granulométrica, obtendo-se maior compactidade e aumento do índice de vazios, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- b) adequada distribuição granulométrica obtendo-se maior compactidade e redução do índice de vazios, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- c) distribuição granulométrica uniforme, obtendo-se menor compactidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior resistência.
- d) distribuição granulométrica aberta, obtendo-se menor compactidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior permeabilidade.
- e) distribuição granulométrica não uniforme obtendo-se menor compactidade e aumento da porosidade, garantindo, desta forma, maior economia de cimento e maior permeabilidade.



---

#### 48. CESPE - PF - Perito Criminal - Eng. Civil – Questão de fixação

No que concerne aos aglomerantes, agregados e materiais betuminosos, é importante o conhecimento de suas definições, principais propriedades e ensaios. É necessário, ainda, que o engenheiro saiba utilizar adequadamente esses materiais, recomendando-se um determinado uso para cada um deles.

A respeito desses aspectos, julgue os itens seguintes.

A compacidade dos agregados é a relação entre o volume total de vazios e o volume total aparente dos grãos.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

#### 49. CESPE – Auditor da União F.C. – TCU – Questão para fixação

Considerando que as especificações dos materiais e serviços para a execução de uma edificação, em conjunto com o controle exercido durante a execução, proporcionam maior garantia da qualidade da obra, julgue o item que se segue.

Para a obtenção de concretos mais resistentes, a compacidade da mistura deve ser aumentada, podendo-se, para isso, acrescer à quantidade de agregados graúdos agregados de diâmetros menores.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**Atenção, você pode ter dificuldades na letra “a” da próxima questão. Caso isso ocorra, não se preocupe, você aprenderá na resolução comentada da questão.**

#### 50. CONSULPLAN – 2017 - Pref Sabará - Eng. Civil - Adaptado

Quanto às propriedades do concreto ligadas ao agregado, é INCORRETO afirmar que:

- a) O agregado não tem grande influência na retração do concreto.
- b) A forma dos grãos é a característica que mais afeta a trabalhabilidade de um concreto se mantidas inalteradas as demais variáveis do traço.
- c) Na durabilidade, o agregado não deve ser inerte, não reagindo com os agentes a que o concreto estiver exposto. Não deve conter produtos que possam reagir com o aço das armaduras, nem ter componentes mineralógicos que reajam, quer com o meio ambiente, quer com o cimento.
- d) Na resistência à compressão do concreto, depende do fator água/cimento que, por sua vez, depende da distribuição granulométrica do agregado. A distribuição granulométrica deverá ser tal que permita uma mistura de máxima compacidade, compatível com a peça a concretar.

---

#### 51. CESPE – Anal. Jud. - TRT 5 - Eng. Civil – Questão para fixação de 2008



O controle, o armazenamento e a utilização apropriados de materiais de construção influenciam diretamente a qualidade, a redução de custos e o aumento da produtividade das atividades de construção. Com relação a esse tema, julgue o item seguinte.

Elevadas quantidades de pó de pedra na brita prejudicam a qualidade do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO



### 52. FCC – Ana. Jud. - TRF 4 - Eng. Civil – Exercício de fixação nível difícil

Sobre o controle tecnológico do concreto, é correto afirmar:

- a) Os cimentos portland pozzolana são cimentos comuns adicionados de pozzolana, na proporção de 40% a 50% da mistura.
- b) As solicitações de peso próprio, em obras com grandes vãos, tornam-se excessivas, resultando numa limitação prática dos vãos das vigas em concreto armado a valores de 15 m a 30 m.
- c) Os agregados constituem cerca de 75% a 90% do concreto, o que tem sentido econômico, pois o agregado é mais barato que a pasta.
- d) O aumento da finura produz maior velocidade de hidratação, resultando em menor necessidade de água de hidratação inicial e conseqüentemente menor geração de calor.
- e) Os agregados, em geral, devem ser formados por partículas duras e resistentes, isentas de produtos deletérios, tais como argila, mica, silte, sais, matéria orgânica e outros.

### 53. ESAF - DNIT - Técnico de Suporte em Infraestrutura de Transportes – Laboratório – Questão de fixação - Adaptada

A definição mais aceita de agregado é: “material granular, sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia.” Com relação aos agregados, analise as afirmações abaixo.

- I. Quanto à origem os agregados podem ser classificados em naturais, britados, artificiais e reciclados.
- II. De acordo com a NBR 7211/2009, o agregado graúdo possui grãos que passam na peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, ressalvados os limites previstos em norma.
- III. De acordo com a massa unitária, os agregados podem ser considerados normais, leves e pesados. A hematita pode ser classificada como agregado leve.





IV. É permitido o uso de agregados recuperados de concreto fresco por lavagem para preparação de um novo concreto, desde que sejam do mesmo tipo de agregado primário, nos limites estabelecidos em norma.

É correto apenas o que se afirma em:

- a) I.
- b) I e III.
- c) II e III.
- d) I, II e IV.
- e) II e IV.

---

#### 54.FGV - Analista Portuário - 2016 - CODEBA - Eng Civil

Com relação às definições e especificações dos agregados para concreto, analise as afirmativas a seguir.

I. Os grãos do agregado graúdo passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm (em porcentagem retida acumulada máxima de 5%), e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 6,3 mm (em porcentagem retida acumulada mínima de 95%).

II. A dimensão máxima característica corresponde à abertura nominal em milímetros da malha da peneira na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa.

III. O módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas de um agregado, nas peneiras das séries normal e intermediária, dividida por 10.

Assinale:

- a) se somente a afirmativa I estiver correta.
- b) se somente a afirmativa II estiver correta.
- c) se somente as afirmativas I e III estiverem corretas.
- d) se somente as afirmativas II e III estiverem corretas.
- e) se todas as afirmativas estiverem corretas.

---

#### 55.FGV – ALEMA - Eng. Civil – Questão para fixação

Durante as primeiras idades a resistência do concreto pode ser afetada pela textura do agregado.

Um aumento na resistência do concreto jovem devida à aderência física mais forte entre a pasta de cimento e o agregado pode ser propiciada por

- a) uma textura mais lisa do agregado.
- b) uma forma mais arredondada do agregado.



- c) agregados lamelares.
- d) uma textura mais áspera do agregado.
- e) agregados naturais.

---

**56. CESPE – PCF – PF - Área 7 - Cargo 8 – Questão para fixação**

Com relação aos agregados do concreto, julgue o item seguinte.

Friabilidade é a tendência apresentada pelo material de se agregar, sendo mais crítica em climas frios.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**57. CESPE – Ana. Jud. – TRT 5 – Eng. Civil – Questão para fixação de 2008**

O controle, o armazenamento e a utilização apropriados de materiais de construção influenciam diretamente a qualidade, a redução de custos e o aumento da produtividade das atividades de construção. Com relação a esse tema, julgue o item seguinte.

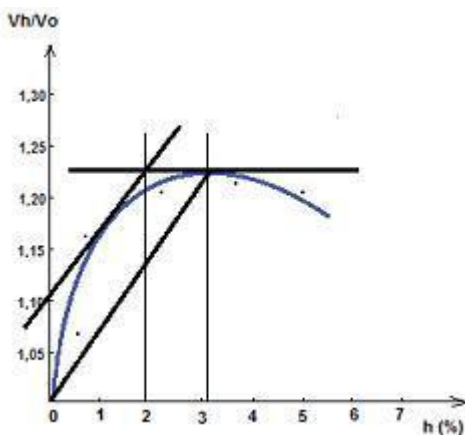
Elevadas quantidades de pó de pedra na brita prejudicam a qualidade do concreto.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

**58. ESAF - Técnico Infraestrutura de Transportes – Questão para fixação**

Considere a curva de inchamento de uma areia X e analise as afirmativas a seguir.



- I. Quanto mais fina a areia, menor o coeficiente de inchamento para uma determinada umidade.
- II. Na curva de inchamento acima, a umidade crítica é de 2%.
- III. O coeficiente de inchamento para uma areia X será dado pela média aritmética entre o coeficiente de inchamento máximo e aquele correspondente à umidade crítica.

É correto apenas o que se afirma em



- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

---

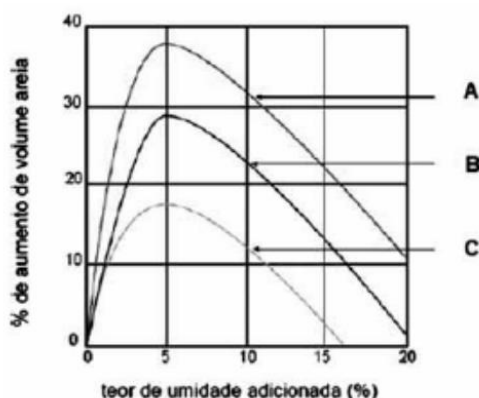
### 59. CESGRANRIO - INEA/Eng. Civil – Questão para fixação

Segundo a NBR 6467/2006 (Agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo – Método de ensaio), no certificado de ensaio dos resultados deve constar a(o)

- a) curva de inchamento traçada em gráfico, o valor da umidade crítica e o valor do coeficiente de inchamento médio.
- b) curva de inchamento traçada em gráfico, o valor da umidade média e a granulometria do agregado.
- c) curva de inchamento, o valor da umidade média e o valor do coeficiente de inchamento mínimo.
- d) valor da umidade crítica, o valor do coeficiente de inchamento médio, a curva de granulometria em gráfico e a curva de saturação.
- e) valor da umidade crítica, a granulometria do agregado em gráfico e a curva de saturação.

---

### 60. CESPE - FUB – Tecnólogo - 2015



Para conhecer as características dos agregados miúdos que poderão ser utilizados na dosagem do concreto que será usado em uma obra, um laboratorista realizou o ensaio previsto na norma NBR n.º 6.467/2006 e obteve como resultado as curvas do gráfico apresentado.

Considerando o ensaio realizado, julgue o item que se segue, a respeito da norma NBR n.º 6.467/2006.



A curva de inchamento A é característica de areias grossas, que apresentam maior inchamento devido ao fato de a tensão superficial da água manter as partículas mais afastadas, ao passo que a curva C é característica de areias finas.

( ) CERTO      ( ) ERRADO

---

### 61. CESGRANRIO – PETROBRAS - Eng. Civil Júnior – Exercício para fixação

Considere a NBR 6118:2007 (Projeto de estruturas de concreto – Procedimento) para responder à questão.

Em uma determinada estrutura de concreto armado, o valor da massa específica real do concreto simples vale 2.400 kg/m<sup>3</sup>.

Dentre os valores apresentados, o que pode ser adotado como massa específica do concreto armado, em kg/m<sup>3</sup>, é

- a) 2.300
  - b) 2.350
  - c) 2.400
  - d) 2.550
  - e) 2.900
- 



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 256 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2009. 12 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central - procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2012. 21 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2011. 32 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland — Preparo, controle, recebimento e aceitação — Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 29 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438**: Blocos de concreto autoclavado — Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 6 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2004. 59 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 12 p.
- FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS (FCC). Prova Conhecimentos Gerais e Específicos. [S. l.]: Fundação Carlos Chagas, 2013.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS DAS AULAS

Pessoal, meus parabéns por terem chegado até aqui! Se vocês leram tudo e fizeram todos os exercícios, com certeza adquiriram uma ótima base para qualquer concurso de engenharia civil.

Esse é nosso diferencial, prever nas aulas tudo que pode cair na prova, ensinar com todos os detalhes para não ficar nenhuma dúvida. Mas se você ainda tem alguma pergunta, por favor, entre em contato com nosso time no fórum de dúvidas. Será um prazer respondê-los.



**Você merece comemorar mais essa aula feita!**



## GABARITO

- |            |            |
|------------|------------|
| 1. c       | 42. certo  |
| 2. c       | 43. certo  |
| 3. c       | 44. c      |
| 4. e       | 45. d      |
| 5. e       | 46. e      |
| 6. b       | 47. b      |
| 7. errado  | 48. errado |
| 8. c       | 49. certo  |
| 9. c       | 50. c      |
| 10. errado | 51. certo  |
| 11. certo  | 52. e      |
| 12. errado | 53. e      |
| 13. errado | 54. b      |
| 14. a      | 55. d      |
| 15. certo  | 56. errado |
| 16. certo  | 57. certo  |
| 17. certo  | 58. e      |
| 18. certo  | 59. a      |
| 19. a      | 60. errado |
| 20. certo  | 61. d      |
| 21. d      |            |
| 22. a      |            |
| 23. b      |            |
| 24. errado |            |
| 25. a      |            |
| 26. c      |            |
| 27. certo  |            |
| 28. a      |            |
| 29. a      |            |
| 30. certo  |            |
| 31. b      |            |
| 32. c      |            |
| 33. d      |            |
| 34. errado |            |
| 35. c      |            |
| 36. certo  |            |
| 37. certo  |            |
| 38. errado |            |
| 39. d      |            |
| 40. errado |            |
| 41. b      |            |





# ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



**1** Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



**2** Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



**3** Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



**4** Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



**5** Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



**6** Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



**7** Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



**8** O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.