

O uso do concreto na construção civil

O concreto é o material **mais utilizado** para realização de construções no Brasil (90%) e no mundo. Ainda assim, ele não chega a ser nem tão resistente, nem tão tenaz quanto o aço, embora alguns fatores principais possibilitem tal popularidade. Dentre estes fatores, podem ser citados: a **versatilidade** (facilidade na produção e no manejo, uma vez que o concreto é uma substância plástica - que pode ser moldada.), a **durabilidade**, a **economia** (é um dos materiais mais baratos e comumente disponível em todo o mundo) e a **alta resistência à água**, o que faz dele o material ideal para resistir à ação da água (os romanos já conheciam o mecanismo de manufatura do concreto, e o utilizava em seus aquedutos).

O concreto é definido como sendo um material composto que consiste em um meio contínuo aglomerante, no qual estão mergulhadas partículas de agregados. O aglomerante comumente utilizado, especialmente no Brasil, é o **cimento Portland**. As partículas de agregados são divididas em dois grupos: o dos **agregados graúdos** (britas, com partículas maiores que 4.8mm) e o dos **agregados miúdos** (basicamente, a areia). O concreto também é conhecido por uma mistura de **argamassa** com o **agregado graúdo**. Atualmente, são adicionados ao concreto aditivos, que modificam algumas características do concreto, para facilitar a aplicação e melhorar a trabalhabilidade do mesmo. A proporção entre os componentes da mistura chama-se traço e deverá ser visto ao fim deste resumo.

Aditivos para concreto comumente utilizados

- (P) Plastificante
 - Reduz em 6% a quantidade de água a ser adicionada;
 - Mantém a resistência e eleva a trabalhabilidade (ou vice-versa);
- (R) Retardadores
 - Aumentam o tempo para aplicação;
 - Evitam a perda de consistência;
 - Reduzem o calor de hidratação (a perda de água é menos intensa, evita rachaduras e segregação);
- (A) Aceleradores
 - Permite a utilização do concreto a baixas temperaturas;
 - Diminuem o tempo de desforma do concreto (pré-moldados);
- (IAR) Incorporadores de ar
 - Aumentam a durabilidade;
 - Reduzem o teor de água e a permeabilidade do concreto;
 - Utilizados em concretos pobres.
- (SP) Superplastificantes
 - Reduzem em 12% a quantidade de água;
 - Concretos auto-adensáveis.

As propriedades que devem ser observadas na aquisição de concreto são: resistência, abatimento, D.M.C. agregado graúdo, o consumo de cimento, a quantidade de cada componente em volume, o tipo e marca de cimento utilizado, o teor de ar incorporado ao mesmo, a cor e, dependendo da finalidade, o atendimento ou não de certas propriedades e condições especiais.

Antes de entrarmos nos tipos de concreto mais utilizados, convém recordar os esforços presentes em uma estrutura e as partes da última responsáveis para a manutenção do equilíbrio da mesma.

Exemplo de cargas presentes em uma estrutura

- Peso Próprio;
- Instalações ;
- Móveis;
- Seres vivos;
- Força do vento;
- Água (chuva ou neve);

As estruturas são construídas de diversos tipos de materiais, dentre os quais:

MADEIRA: é uma estrutura que pode ser (des)montada com facilidade, em contrapartida apresenta baixa durabilidade e é um material combustível por excelência.

AÇO: montadas por meio de soldagem, são leves, podem ser reparadas e reutilizadas, no entanto, a baixa resistência à incêndios é um risco que se tem ao utilizar estruturas deste tipo.

Os elementos principais de uma estrutura independem no material utilizado em sua construção e são: as lajes, os pilares e as vigas (pré-moldadas ou não).

Os esforços são denominados: **compressão** (o qual o concreto apresenta grande resistência), **tração** (o concreto apresenta baixa resistência), **cisalhamento**, **torção**, **flexão** entre outros.

De maneira semelhante, existem vários tipos de cargas: **concentradas**, **distribuídas** etc.

Armadura é uma estrutura de aço (concreto armado) que apresenta barras de aço transversais (os estribos - que resistem aos esforços cisalhantes) e longitudinais (resistentes à flexão). Suas seções transversais são freqüentemente estudadas para entender como o concreto preencherá a região, havendo perfeita aderência com o aço (para que isso ocorra, a armadura deve estar livre de elementos orgânicos e de alguns químicos que dificultam a aderência).

Fôrmas são dispositivos de madeira (ou metálicos) que ajudam a manter o concreto dentro das armaduras (a madeira deve estar sempre molhada para que o concreto não perca água).

Tipos de concreto

O concreto pode ser classificado de acordo com:

Massa específica: baseado nela, o concreto pode ser classificado em três categorias:

DE PESO NORMAL ou CORRENTE: massa específica em torno de 2400 kg/m^3 ($2,4 \text{ g/cm}^3$);

LEVE: com massa específica menor que 1800 kg/m^3 , utilizados quando se deseja uma alta relação resistência-peso próprio;

PESADO: utilizados em blindagem de radiações, pesando mais que 3200 kg/m^3 .

Resistência: o concreto também pode ser classificado de acordo com sua resistência à compressão na idade de 28 dias (a relação água/cimento interfere diretamente nestas medidas):

BAIXA RESISTÊNCIA: resistência menor que 20MPa;

MODERADA ou CONVENCIONAL: resistência entre 20MPa e 40MPa;

ALTA RESISTÊNCIA (CAD): resistência superior a 40MPa.

Concretos especiais: existem ainda outros tipos de concreto, cada qual com sua finalidade específica, dentre eles pode-se citar: concreto de alta trabalhabilidade, de retração compensada, reforçado com fibras (ou simplesmente, concreto estrutural) , polimérico, massa-rolado (com agregados maiores, atinge sua máxima resistência em um espaço de tempo bem maior que os convencionais, utilizado em barragens).

Propriedades do concreto no estado fresco

Dependentes da escolha dos equipamentos (de manuseio e adensamento), da especialização da mão-de-obra empregada, estas propriedades irão afetar diretamente as propriedades do concreto endurecido e sua trabalhabilidade.

TRABALHABILIDADE

É uma propriedade composta de alguns fatores que determinam o esforço necessário para manipular o concreto fresco com perda mínima de homogeneidade. Manipular inclui todas as operações nas primeiras idades, tais como, lançamento, adensamento e acabamento. São dois seus fatores principais:

1) **FLUIDEZ:** também denotado como consistência, descreve a facilidade de mobilidade (concretos mais úmidos possuem maior consistência e são mais trabalháveis, porém cabe lembrar que, dependendo da aplicação, uma mesma consistência não quer dizer mesma trabalhabilidade). É medida utilizando-se o ensaio de abatimento, ou, simplesmente, "slump test".

2) **COESÃO:** também chamado de estabilidade, é um índice que determina a capacidade de retenção de água e a capacidade de retenção de agregado graúdo na argamassa. Deste conceito, convém lembrar dois termos importantes:

- **Segregação** : separação dos materiais constituintes do concreto fresco, resultado da perda de homogeneidade, que resultará em perda de resistência final (por exemplo, a separação dos agregados da argamassa por excesso de vibração);

- **Exsudação:** aparecimento de água após o adensamento e antes da pega, resulta na perda de água pelo concreto e, por sua vez, afeta na trabalhabilidade na resistência final (gera cavidades sob os agregados graúdos, diminuindo o efeito estrutural exercido pelo material). Um sintoma comum da exsudação é a formação de nata porosa na superfície do concreto, de alta relação água/cimento e, portanto, de baixíssima resistência. A superfície ficará então sujeita à **pulverulência**.

O teor de água é um dos pontos mais importantes na trabalhabilidade do concreto e na resistência final do mesmo (lembre-se: mais água significa maior fluidez, mas também significa menor resistência do concreto endurecido).

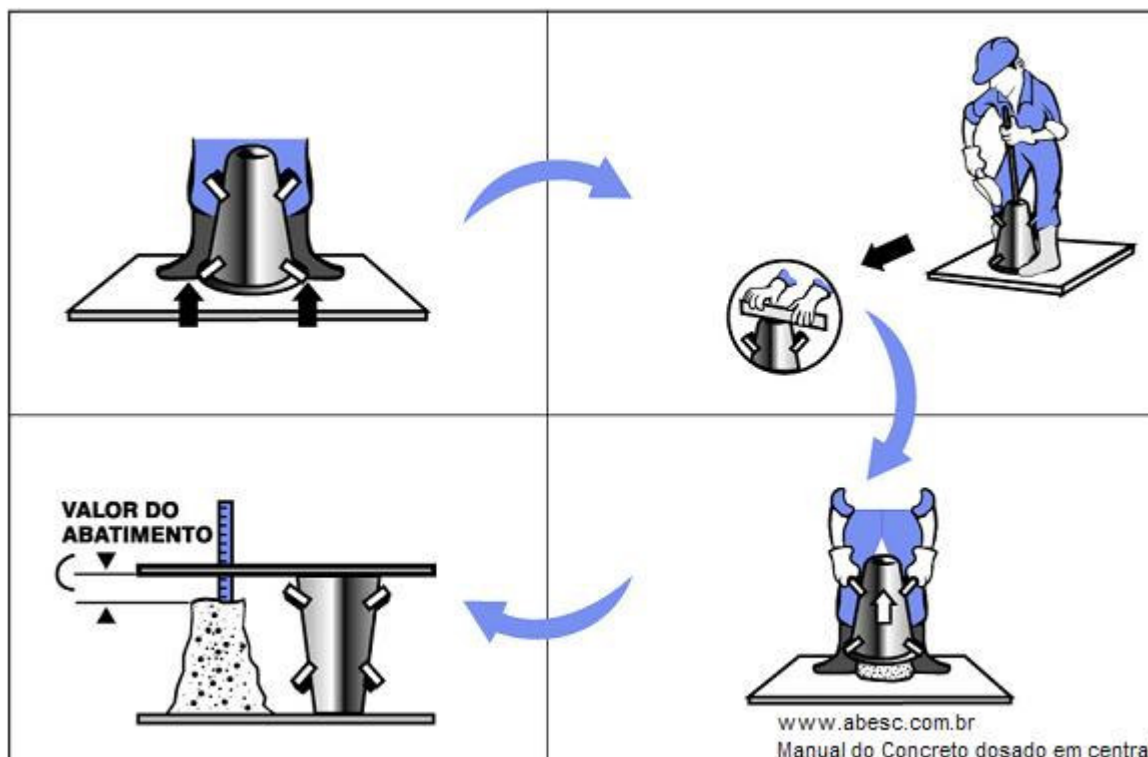
Existem três métodos principais para a medida de trabalhabilidade: o ensaio vebe (utilizado em misturas mais secas - consiste na análise, em mesa vibratória, do tempo necessário para um concreto na forma tronco-cônica, se transformar na forma cilíndrica), o ensaio do fator de compactação (desenvolvido na Inglaterra, consiste na utilização de dois reservatórios tronco-cônicos colocados um sobre o outro e de uma forma cilíndrica colocada abaixo destes reservatórios. O reservatório superior, é preenchido com concreto e nivelado sem compactação. Por gravidade, o concreto acaba compactado no cilindro de volume conhecido, onde é obtida a massa específica e comparada com a obtida no ensaio Vebe)

O método mais disseminado, entretanto, é o ensaio de abatimento de tronco de cone (ou, simplesmente, Slump test), e procede da seguinte forma (o procedimento deve durar, no máximo, 3 minutos):

- O concreto é colocado, em 3 camadas individuais compactadas com 25 golpes de uma haste de ponta arredondada, em um tronco de cone com 30cm de altura;

- Após o preenchimento das 3 camadas, o excesso concreto é nivelado com a base do tronco do cone (cone de Adams);

- Retirar lentamente o tronco do cone sem esforços laterais;
- Colocar o tronco de cone, em posição invertida ao lado do concreto e mede-se com uma régua o abatimento do concreto.



O abatimento medido deve atender algumas especificações, de acordo com a finalidade do concreto produzido: entre 25 e 75mm para fundações e lajes, entre 25 e 100mm para vigas e pilares e, por fim, entre 25 a 50mm para concreto massivo. A consistência medida é classificada da seguinte maneira:

| Consistência | Abatimento (mm) |
|---------------------|--------------------------------------|
| seca | 0-20mm (\pm 5mm) |
| mediamente plástica | 30-50mm (\pm 10mm) |
| plástica | 60-90mm (\pm 10mm) |
| mediamente fluída | 100-150mm (\pm 20mm) |
| fluída ou líquida | >160mm (Slump test não recomendável) |

A trabalhabilidade do concreto é afetada principalmente por:

Consumo de água: quando a relação agregado/cimento é reduzida e não há variação na relação água/cimento, o teor de água aumenta e a consistência fica mais fluída. Por outro lado, se a relação água-cimento for reduzida, a trabalhabilidade não será afetada. Note que as misturas fluídas de concreto tendem a segregar e exsudar, e, da mesma forma, pode haver segregação no lançamento quando se usa uma mistura com consistência muito seca.

Consumo de cimento: em um concreto normal, uma redução na quantidade de cimento tende a produzir um acabamento precário, um aumento na quantidade de cimento produzem um concreto muito coeso, porém muito viscoso.

Característica dos agregados: o tamanho das partículas dos agregados graúdos influenciam na água necessária para uma dada consistência. Areias muito finas também necessitarão de uma quantidade de água maior para uma dada consistência. (A areia artificial necessita de mais água para manter a trabalhabilidade).

Presença de aditivos: o ar incorporado aumenta o volume de pasta e melhora a consistência do concreto para uma dada quantidade de água. Aumenta a coesão e reduz os efeitos negativos da exsudação e da segregação. Aditivos pozolânicos também tendem a aumentar a coesão do concreto. A adição de um aditivo redutor de água eleva o abatimento do concreto.

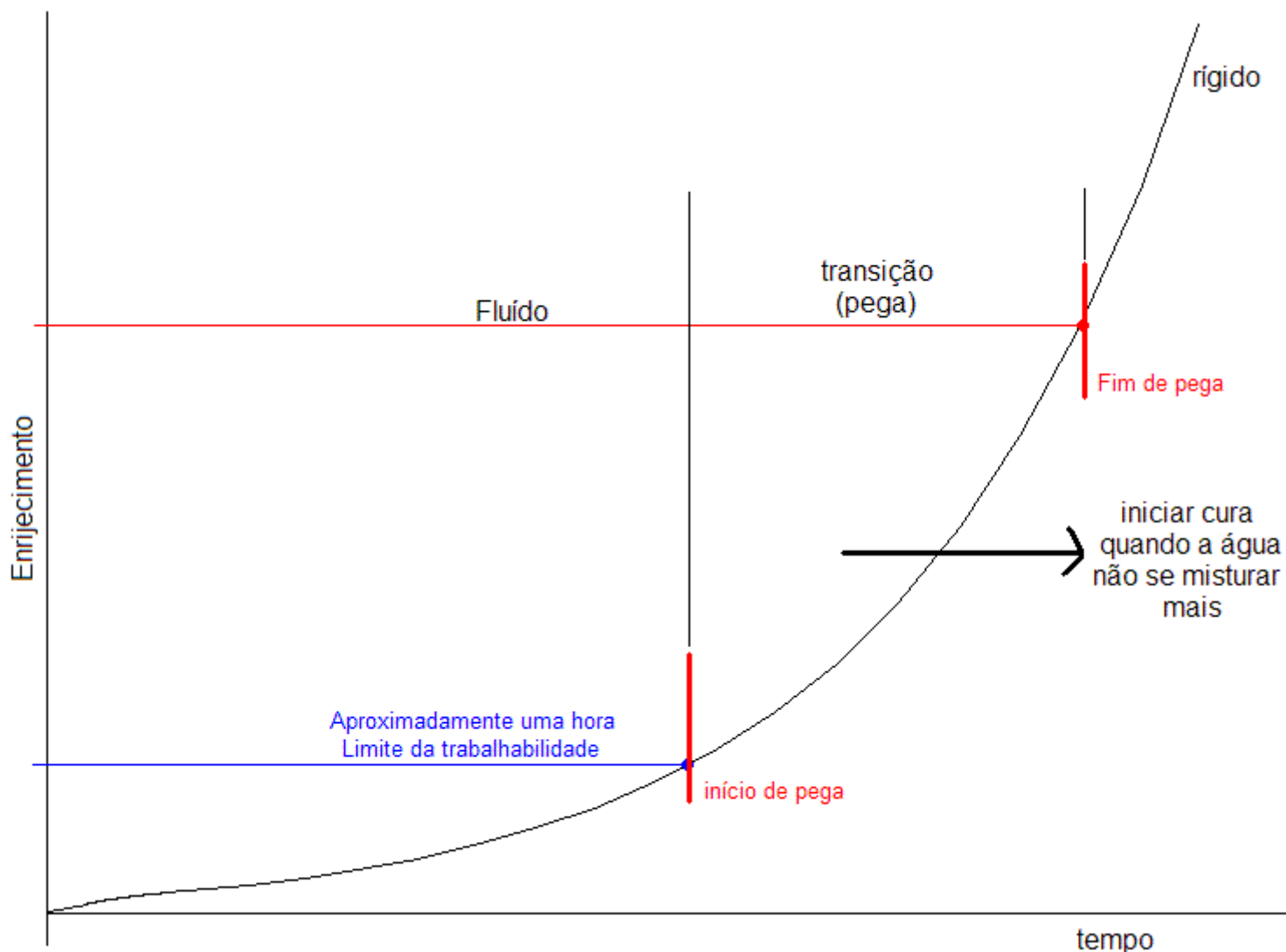
O concreto fresco apresenta uma perda de fluidez com o passar do tempo e é um fenômeno normal e acontece pela formação dos produtos de hidratação do cimento. A **perda de abatimento**, em condições normais, é insignificante durante a primeira hora após a adição de água ao cimento. Depois disso, o concreto passa a perder abatimento a uma determinada taxa que é função da hidratação, da temperatura, da composição do cimento e da presença de aditivos. Para superar os problemas que esta perda pode causar, é comum reamassar o concreto (adicionar uma pequena quantidade de água e remisturar o concreto) ou ainda, produzir um concreto com abatimento ligeiramente acima do especificado. Se esta perda de abatimento acontece muito antes do previsto, ela pode gerar diversos problemas e afetar a trabalhabilidade do concreto duramente.

O endurecimento prematuro do concreto, causa, entre outros fatores: um aumento no consumo de água, um aumento no torque da betoneira, dificuldades de bombeamento/lançamento do concreto, queda na produtividade da mão-de-obra, redução na durabilidade e na resistência do concreto. O importante é que, mesmo que isso aconteça, JAMAIS DEVE SER ADICIONADA

ÁGUA A MAIS NO CONCRETO, o que gerará um concreto pouco uniforme, e com uma resistência menor que a esperada para uma estrutura.

Para controlar a perda de abatimento, o concreto deve ser aplicado na obra sem que haja qualquer atraso em sua execução, a temperatura do concreto deve ser mantida sempre que possível numa faixa restrita compreendida entre 10°C e 21°C e deve-se ter um controle laboratorial das características do concreto utilizado na construção.

O gráfico abaixo mostra como o concreto perde trabalhabilidade com o decorrer do tempo:



MISTURA DO CONCRETO

Definida como a junção dos componentes a fim de formar um composto homogêneo. O objetivo é revestir a superfície dos agregados com pasta de cimento e formar uma massa uniforme.

Formalmente, mistura é a operação de fabricação do concreto destinada a obter um conjunto resultante do agrupamento interno dos agregados, aglomerante, água e dos aditivos.

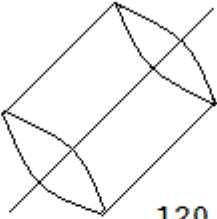
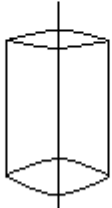
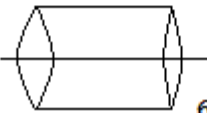
Mistura manual:

Serve para pequenos volumes de concreto, para obras de pequeno porte e que requerem baixa resistência mecânica. Deve ser realizada em superfície plana, impermeável e resistente. A ordem de colocação dos materiais interfere na qualidade do concreto e, portanto, devem ser adicionados os ingredientes secos e, em seguida, a água. A quantidade de cimento não deve ultrapassar 100kg (2 sacos).

Mistura mecânica (betoneiras):

- Com a caçamba carregadora, deve-se respeitar o posicionamento dos componentes, sob pena de afetar a característica do concreto obtido (ordem, do fundo para a superfície: 50% dos agregados graúdos, agregados miúdos, cimento, o restante dos agregados graúdos);

- As betoneiras podem ser fixas, móveis, com eixos verticais ou inclinados. O tempo de mistura (em segundos) obedece as seguintes relações (d é a dimensão máxima do balão da betoneira, em metros):

| Eixos | Tempo para mistura | Utilização |
|------------|---|---------------------|
| Inclinado |  $120 \sqrt{d}$ | uso freqüente |
| Vertical |  $30 \sqrt{d}$ | grande velocidade |
| Horizontal |  $60 \sqrt{d}$ | uso em laboratórios |

Para a colocação dos componentes em betoneira, também deve ser obedecida uma ordem, que é:

1 - Agregados graúdos;

2 - Água;

Estes componentes retiram a argamassa aderida

3 - Cimento; (forma uma nata, facilitando a distribuição de água);

4- Agregado miúdo; (preenche os vazios entre os grãos já adicionados).

Alguns cuidados devem ser tomados, a betoneira nunca deve estar seca, e, se possível, já deve ter sido executada a imprimação ("sujar" a betoneira com argamassa de mesmo traço do que a usada no concreto).

Após a betonada (mistura dos componentes), o concreto deve ser transportado para o local de aplicação, e seu transporte deve ser tal que consiga manter a homogeneidade da mistura, permitindo sempre que possível o lançamento direto nas fôrmas e rápido o bastante para que o concreto perca trabalhabilidade ou seque.

LANÇAMENTO DO CONCRETO

Após chegar no canteiro de obras, o concreto pré-misturado deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição final (evitando assim eventual segregação). Ao depositar o concreto, faça-o em camadas horizontais de espessura uniforme, sempre adensando a camada inferior antes de lançar a próxima (cuidado para a camada anterior não tenha entrado no tempo de pega). O concreto não deve ficar acumulado em pontos da fôrma, e a altura de lançamento não pode ser superior a 2m (caso seja superior a isso, utilizar funis, calhas, trombas etc.).

Se o lançamento for convencional, certifique-se que os carrinhos ("jericas") não irão percorrer uma distância maior do que 60m, e de que acesso às formas esteja facilitado com rampas, iniciando sempre a concretagem pelo ponto mais distante do local de recebimento do material.

Se o lançamento for por bombas, tenha em mente as especificações do mecanismo de lançamento do concreto, posicione corretamente os caminhões e bombas para que o fluxo de concreto jamais seja interrompido uma vez iniciado o processo.

ADENSAMENTO DO CONCRETO

O adensamento do concreto é efetuado para eliminar espaços vazios (bolsões de ar aprisionado) e pode ser realizado manualmente (utilizando-se hastes de socamento - notadamente, em concretos mais fluidos) ou, com o auxílio de equipamentos chamados **vibradores**. A vibração é o método mais usado para adensar o concreto e objetiva reduzir o atrito entre as partículas de agregado graúdo, facilitando assim, a fluidez da mistura e o adensamento. Um adensamento bem executado aumenta a resistência do concreto.

Vibradores internos (de imersão): são os vibradores de agulha, comumente utilizados para adensar concretos em vigas, pilares, paredes e lajes. São práticos, uma vez que a agulha é facilmente deslocada, podendo aplicar em pontos variados do concreto (máximo 1m de distância entre eles) e indicam visualmente o fim do adensamento (aparecimento de nata e bolhas de ar). Para maior eficiência, ou seja, para que toda a energia seja transmitida diretamente ao concreto, deve-se: retirar gradualmente a agulha, penetrar com a agulha em toda a altura recém-lançada e o topo da camada inferior (unindo as duas). As camadas não devem passar 30cm de espessura e as armaduras NUNCA DEVEM SER VIBRADAS (resulta em perda de resistência do material da armadura).

Vibradores externos (de fôrma): comumente utilizados em indústrias de pré-moldados, são vibradores fixados às fôrmas, possibilitam a vibração da fôrma e do concreto, podem ser utilizados onde não há alcance para a agulha facilitando a mudança de posicionamento da concretagem. Devem ser usados em estruturas densamente armadas que possuem camadas finas de concreto.

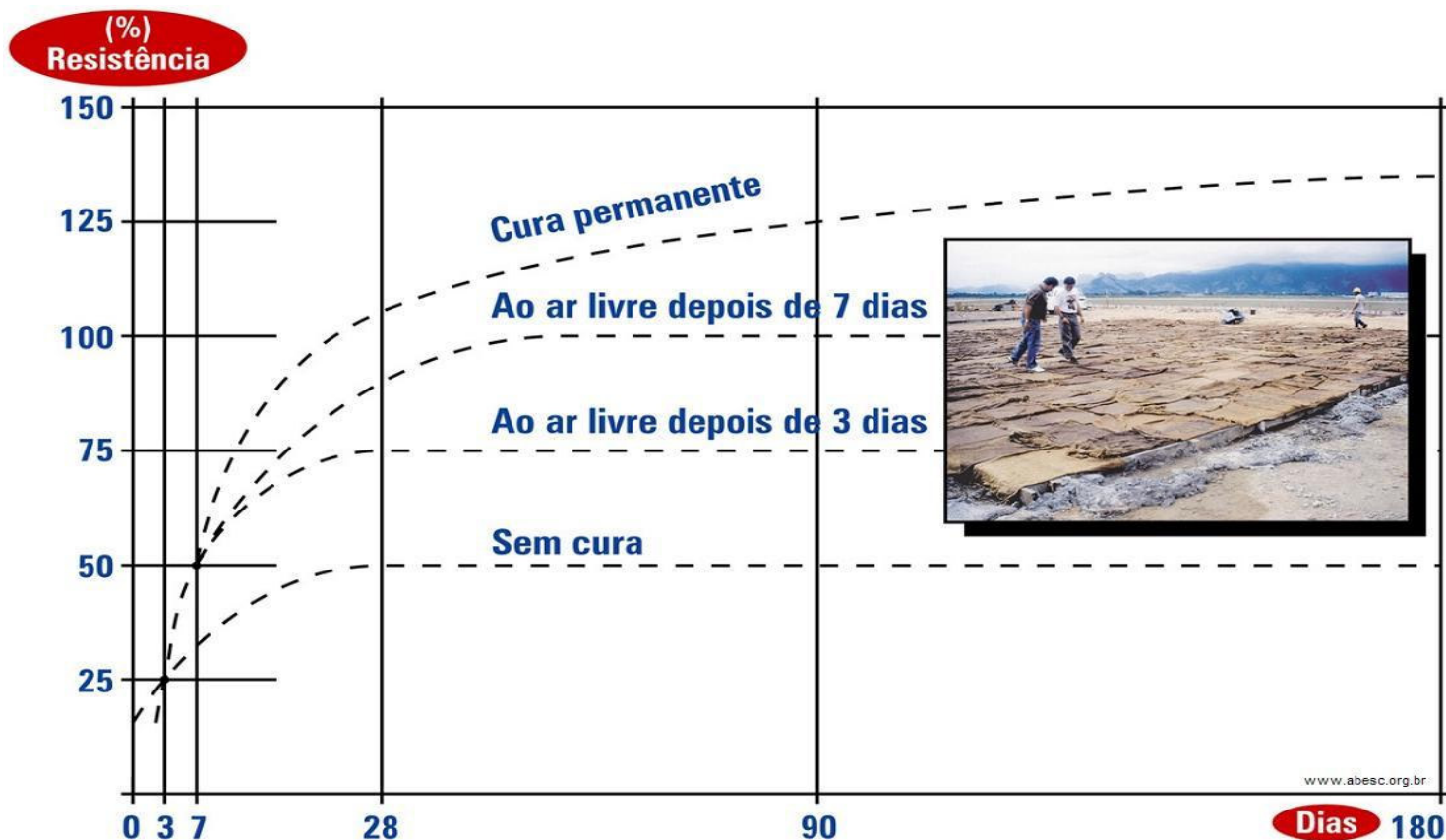
A **revibração do concreto** 1 ou 2 horas após o adensamento inicial por vezes é necessária para evitar juntas frias e/ou espaços vazios remanescentes no concreto para só então prosseguir realizando o **nivelamento** (retirada do excesso superficial de concreto) e **desempeno** (realizado com lâminas finas de metal - que objetiva embeber os agregados, compactar a superfície e remover imperfeições remanescentes).

Alguns cuidados que devem ser tomados no adensamento:

- Evitar a falta e o excesso de vibração;
- Deve ser iniciado logo após o lançamento;
- Evite adensar distâncias menores que 10cm da fôrma;
- Reforce as formas e o escoramento antes de adensar;
- Não utilize o equipamento de adensamento para mover concreto.

CURA DO CONCRETO

Conjunto de medidas que objetivam evitar a evaporação da água utilizada na mistura que deverá reagir com o cimento. Deve ser aplicada pelo menos nos primeiros 7 dias contados do lançamento do concreto. A falta de cura gera entre outros fatores: a redução da resistência mecânica nas idades avançadas, segregação e retração do concreto utilizado. Para evitar perda de água, é comum o uso de areia, serragem, estopa, sacos de cimento e até mesmo, lonas de cobertura das superfícies concretadas. O gráfico abaixo mostra o efeito da cura na resistência final alcançada pelo concreto.



CONCRETO PRÉ-MISTURADO (USINADO)

O concreto usinado tem algumas vantagens sobre o concreto produzido em obra, dentre as quais: melhores condições de controle (materiais de melhor qualidade e dosagem mais adequada), transporte usina-obra adequado. Convém lembrar que a responsabilidade de produção do concreto é da usina, mas a responsabilidade do lançamento e do adensamento é da obra.

Para a concreteira, devem ser informadas as seguintes características (NBR 7212):

- QUANTIFICAÇÃO: volume de concreto a ser produzido, em m³;
- RESISTÊNCIA: fck (resistência à compressão) - respeitando sempre o mínimo de 25MPa;
- ABATIMENTO (Slump): dependente da forma de lançamento. Se bombeado, entre 9 e 12cm, caso contrário, 5cm.
- DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA do agregado graúdo [britas 0 (9,5mm) , 1 (19,0mm) e 2 (25,0mm)]

O traço do concreto, embora possa ser passado à usina, não é recomendável, pois o engenheiro terá que assumir todos os riscos que tal decisão possa oferecer.

Pode-se ainda fornecer: o tipo de cimento a ser usado, os aditivos, o teor de ar incorporado, a riqueza do concreto, a cor, sua massa específica, taxas de retração, permeabilidade etc.

CONCRETO BOMBEADO

O concreto bombeado é denominado desta forma pois são utilizadas bombas para o lançamento de concreto. Elas transportam o concreto através de uma tubulação metálica, desde o caminhão betoneira até a peça a ser concretada. Apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais: possibilidade de aplicação em área extensa ou não acessível, o bombeamento é realizado diretamente nas formas, a velocidade de aplicação pode ser controlada (chegando a 100m³ por hora, mas, basicamente se atinge, 35 a 45m³ por hora) e a segregação é inviabilizada. A mão-de-obra é mais racionalizada e não necessita utilizar-se de tantos mecanismos de transporte de materiais tampouco vibrar (concreto mais plástico e com granulometria contínua).

Devem ser tomados alguns cuidados no bombeamento do concreto:

- A consistência deve ser adequada (Slump de 40 a 100mm - o recomendável é de 100 a 120mm);
- O consumo de cimento será maior que o usual;
- A quantidade de água deve ser controlada;

DOSAGEM DO CONCRETO (DETERMINAÇÃO DO TRAÇO)

Os concretos com resistência a compressão menores que 25MPa podem ser determinados com traço misto (em obra);
Os concretos com resistência a compressão maiores que 25MPa devem ser determinados em usina com traço em massa.

Existem dois tipos de dosagem:

Empírica: com valores tabelados, utilizadas em obras de pequeno porte (são calculadas pelo IPT, INP e ABCP);

O outro tipo de dosagem deve ser calculado, utilizando-se para isso alguns conceitos e fórmulas, que seguem:

Traço **1 : a : p : x**

Onde a = areia, p = pedra, x = rel. água/cimento, e m = a+p

Porcentagem de argamassa no traço $\alpha (\%) = A (\%)$

$$A = \left(\frac{1 + a}{1 + m} \right) * 100$$

Quantidade de água presente no traço em proporção aos materiais secos

$$H (\%) = \frac{\text{teor de água}}{\text{mat. secos}}$$

$$H = \left(\frac{x}{1 + m} \right) * 100$$

Massa específica do concreto

$$\gamma_{\text{concreto}} = \frac{1 + a + p + x}{\frac{1}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} + \frac{p}{\gamma_p} + x}$$

Teor de ar incorporado

$$\text{Teor de ar} = \left[1 - \left(\frac{\gamma_{\text{concreto (ensaio)}}}{\gamma_{\text{concreto (calculada)}}} \right) \right] * 100$$

$$\text{Umidade (h)} = \left(\frac{P_h - P_s}{P_s} \right) * 100$$

$$\text{Inchamento (I)} = \left(\frac{V_h - V_s}{V_s} \right) * 100$$

Consumo de cimento p/ 1m³ de concreto

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_{\text{cim}}} + \frac{a}{\gamma_{\text{ar}}} + \frac{p}{\gamma_{\text{pd}}} + x}$$

$$f_{ck} = \frac{N}{A}$$

rompimento por compressão axial
NBR 5739/1994

N = tensão
A = área da secção transversal
KgF / cm² = 10MPa

$$f = \frac{2 N}{\phi \pi L}$$

Tração por compressão diametral
NBR 7227/1994

N = tensão
 ϕ = diâmetro
L = comprimento

ANÁLISE DE TRAÇOS DE CONCRETO

| Ordem | Traço | Slump | p/a | Coesão | Exsudação | Segregação | Ocupação Espaços Vazios | Observações | Resistência aos 7 dias |
|-------|----------------------|-------|------|---------|-----------|------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1 | 1 : 2,6 : 2,4 : 0,6 | 45mm | 0,92 | boa | não | sim | boa | | 27,0 MPa (C) |
| 2 | 1 : 2,5 : 3,5 : 0,7 | 40mm | 1,40 | média | não | sim | ruim | | 16,7 MPa (C) |
| 3 | 1 : 2,0 : 3,0 : 0,6 | 40mm | 1,50 | boa | não | pouca | boa | | 24,4 MPa (C) 2,87 MPa (T) |
| 4 | 1 : 2,0 : 3,0 : 0,48 | 0mm | 1,50 | média | não | pouca | boa | | 38,6 MPa (C) 3,57 MPa (T) |
| 5 | 1 : 1,4 : 3,6 : 0,6 | 0mm | 2,57 | péssima | não | sim | ruim | | 27,0 MPa (C) |
| 6 | 1 : 1,5 : 2,5 : 0,5 | 30mm | 1,67 | boa | não | pouca | boa | camadas não uniformes | 29,9 MPa (C) |
| 7 | 1 : 2,0 : 3,0 : 0,54 | 10mm | 1,50 | boa | não | mais que 6 | boa | concreto mais seco | 29,4 MPa (C) 3,50 MPa (T) |

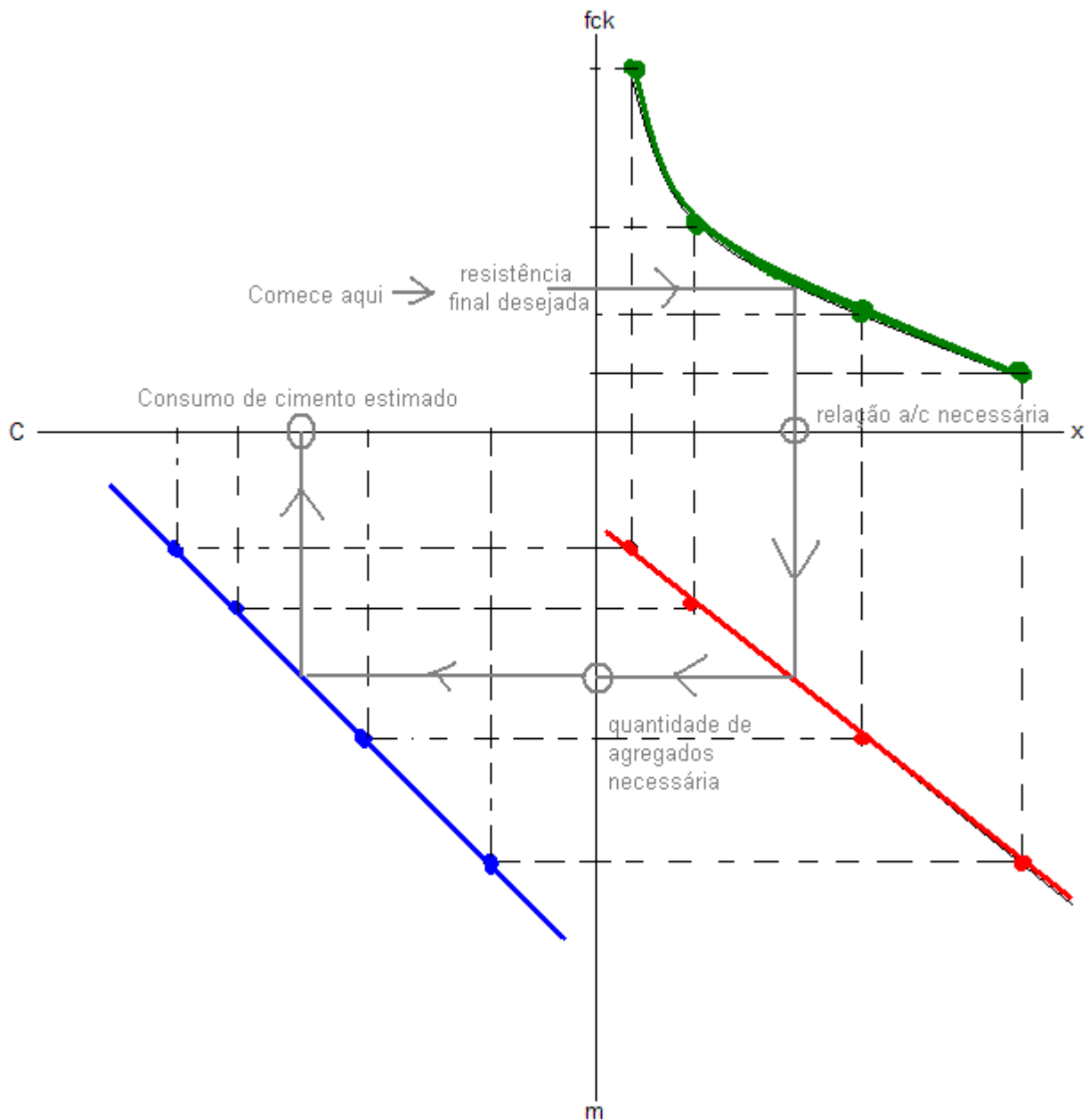
(C) - Compressão ; (T) - Tração.

Análise da tabela acima:

- quanto menor a relação p/a mais trabalhável o concreto (p/a aumenta, slump cai);
- quanto mais agregado graúdo em detrimento do miúdo pior a coesão;
- quanto maior a relação água/cimento, pior é a resistência do concreto.

Gráfico de dosagem do concreto:

Abaixo, um exemplo de um gráfico de dosagem de concreto, utilizado para obter o traço em massa de um concreto.



A idéia deste gráfico criado à partir de ensaios laboratoriais, é facilitar os cálculos, pois o engenheiro, partindo da resistência desejada para seu concreto, prolonga uma linha vertical para baixo e obtém uma estimativa da relação água/cimento, que por meio dela é prolongada outra linha, desta vez horizontal, e obtém-se a quantidade de areia e pedra (m), continuando a prolongar a linha, tem-se uma estimativa do consumo de cimento para o traço procurado. (Veja a seta cinza no gráfico acima, ela representa a trajetória que deve ser feita para se ler este gráfico).

Determinação da resistência do concreto à compressão para cálculo do traço mais adequado (NBR 12.555)

Para cálculo estrutural:

$$f_{cd} = f_{ck} / 1.4$$

Por exemplo, um concreto de especificação de 20MPa, deve ser usado para efeito de cálculo estrutural $20/1.4 = 14,3\text{MPa}$ (dessa forma, a estrutura deve suportar mesmo que o concreto produzido não atinja a especificação esperada)

Para produção e aplicação:

$$f_c = f_{ck} + 1.65 \cdot S_d$$

Onde S_d = desvio-padrão

Em obra, costuma-se adotar para S_d :

4.0 : concretos usinados (traço em massa);

**5.5 : concretos produzidos sob controle de umidade (traço em volume);
7,0 : feito em canteiro de obra (traço misto).**

Por exemplo, concreto usinado com **20MPa** deve possuir $20 + 1.65 \cdot 4 = \mathbf{27MPa}$, pelo menos, de resistência. É este o valor que deve ser procurado no gráfico acima (assim, garante-se que boa parte do concreto, em média, passará os 20MPa desejados).

O CONCRETO DE BOA QUALIDADE

Concluindo, um concreto, definido como sendo de boa qualidade deve atender algumas características:

- Facilidade de transporte, de mistura e de adensamento;
- Uniformidade na aplicação e nas características em toda a obra;
- Não deve segregar;
- Deve ter um acabamento adequado na superfície das fôrmas.