

ESTRUTURAS DE  
CONCRETO ARMADO

NOTAS DE AULAS

Professor: Tarley Ferreira de Souza Júnior  
*Engenheiro Civil*

Departamento de Engenharia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

## **Capítulo 1 - “GENERALIDADES”**

### **1.1 - RESUMO HISTÓRICO:**

A utilização do concreto, diferente do atual, mas com características semelhantes, perde-se na Antigüidade: já era conhecido e aplicado nos tempos do Império Romano.

Os assírios e babilônios, pioneiros da construção, usaram argila como aglomerante, mas a sua fraca resistência não permitiu um maior desenvolvimento das construções.

Os egípcios conseguiram uma ligação mais rígida com argamassa de cal e gesso, como atestam suas pirâmides e seus templos.

Os romanos criaram um aglomerante de grande durabilidade adicionando ao calcário determinada cinza vulcânica do Vesúvio, chamada “pozzolana”.

Em 1824, o escocês JOSEF ASPDIN desenvolveu um cimento bem semelhante ao atual, dando-lhe o nome de “Portland”, nome de uma cidade do litoral sul da Inglaterra, onde existem rochedos com a mesma cor cinza esverdeado do cimento descoberto.

Em 1845, JOHNSON produziu um cimento do mesmo tipo que o moderno portland.

Apesar de descoberto o aglomerante ideal, nenhum desenvolvimento notável se verificou em estruturas de concreto, devido principalmente a fraca resistência do material aos esforços de tração.

Somente em meados do século XIX, quando surgiu a idéia de se adicionar ao concreto um material de elevada resistência à tração, é que progressos relevantes se fizeram sentir. Nascia assim um material composto: “cimento armado”, e posteriormente, “concreto armado”.

Em 1849, o francês LAMBOT construiu o primeiro objeto de concreto armado: um barco (!!!), exibido na exposição de Paris em 1855. Na verdade o barco de Lambot era feito de “argamassa armada”, material de muita utilização nos dias atuais.

Porém, a invenção do concreto armado é muitas vezes atribuído ao francês MONIER (horticultor e paisagista) que baseando-se na idéia de Lambot, em 1861 construiu vasos de flores com argamassa de cimento e areia e armadura de arame, de maneira bem empírica. Em 1867 obteve a sua primeira patente para a construção de vasos; em 1868 a patente se estendeu a tubos e reservatórios; em 1869 a placas; em 1873 a pontes e em 1875 a escadas.

Visando resgatar o mérito de Lambot, em 1949, um século após a criação do barco, a França comemorou o centenário do concreto armado.

Em 1902, o alemão MÖRSCH, a pedido da firma Wayss e Freitag que comprou os direitos das patentes de Monier, publica com bases científicas uma primeira teoria sobre

concreto armado. Apesar de tantos anos se terem passado desde a sua apresentação as idéias fundamentais de Morsch ainda continuam válidas.

No Brasil, EMÍLIO HENRIQUE BAUMGART pode ser considerado o “pai” da Engenharia Estrutural Brasileira, tendo projetado várias obras com diversos recordes mundiais de tamanho ou originalidade, como:

- Ponte Herval (Santa Catarina) sobre o Rio do Peixe, em 1928, recorde mundial de vão em viga reta de concreto armado (68 m.), e que pela primeira vez usou a construção em “balanços sucessivos”.

- Edifício “A Noite” no Rio de Janeiro, em 1928, com 22 pavimentos, na época, o maior edifício em concreto armado do mundo.

## 1.2 - CONCRETO SIMPLES: Definição

Concreto é um material de construção resultante da mistura de um aglomerante (cimento), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água em *proporções exatas e bem definidas*.

Atualmente, é comum a utilização de um novo componente - os “aditivos”, destinados a melhorar ou conferir propriedades especiais ao concreto.

A *pasta* formada pelo cimento e água atua envolvendo os grãos dos agregados, enchendo os vazios entre eles e unindo esses grãos, formando uma massa compacta e trabalhável.

A função dos *agregados* é dar ao conjunto condições de resistência aos esforços e ao desgaste, além de redução no custo e redução na contração.

Após a mistura, obtém-se o concreto fresco, material de consistência mais ou menos plástica que permite a sua moldagem em fôrmas.

Ao longo do tempo, o concreto endurece em virtude de reações químicas entre o cimento e a água (hidratação do cimento).

A resistência do concreto aumenta com o tempo, propriedade esta que o distingue dos demais materiais de construção.

A propriedade marcante do concreto é sua elevada resistência aos esforços de compressão aliada a uma baixa resistência à tração. A resistência à tração é da ordem de 1/10 da resistência à compressão.

## 1.3 - A VIABILIDADE DO CONCRETO ARMADO:

Devido à baixa resistência à tração, procurou-se adicionar ao concreto outros materiais mais resistentes à tração, melhorando suas qualidades de resistência.

A utilização de barras de aço juntamente com o concreto, só é possível devido às seguintes razões:

**1ª) Trabalho conjunto do concreto e do aço, assegurado pela aderência entre os dois materiais:**

*Na região tracionada*, onde o concreto possui resistência praticamente nula, ele sofre fissuração, tendendo a se deformar, o que graças à aderência, arrasta consigo as barras de aço forçando-as a trabalhar e conseqüentemente, a absorver os esforços de tração.

*Nas regiões comprimidas*, uma parcela de compressão poderá ser absorvida pela armadura, no caso do concreto, isoladamente, não ser capaz de absorver a totalidade dos esforços de compressão.

**2ª) Os coeficientes de dilatação térmica do aço e do concreto são praticamente iguais:**

- concreto:  $(0,9 \text{ a } 1,4) \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  (mais freqüente  $1,0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ )

- aço:  $1,2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

Esta diferença de valores é insignificante.

- adota-se para o concreto armado =  $1,0 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

**3ª) O concreto protege de oxidação o aço da armadura garantindo a durabilidade da estrutura:**

O concreto exerce dupla proteção ao aço:

- proteção física: através do cobrimento das barras protegendo-as do meio exterior

- proteção química: em ambiente alcalino que se forma durante a pega do concreto, surge uma camada quimicamente inibidora em torno da armadura.

## **1.4 - CONCRETO ARMADO: Definição**

Concreto Armado é um material de construção resultante da união do concreto simples e de barras de aço, envolvidas pelo concreto, com perfeita aderência entre os dois materiais, de tal maneira que resistam ambos solidariamente aos esforços a que forem submetidos.

Para a composição do concreto armado, pode-se indicar esquematicamente:

1) cimento + água = pasta

2) pasta + agregado miúdo = argamassa

3) argamassa + agregado graúdo = concreto

4) concreto + armadura de aço = concreto armado. Nesse item pode-se fazer uma nova subdivisão em função da forma de trabalho da armadura:

4.1 - concreto + armadura passiva = concreto armado

4.2 - concreto + armadura ativa = concreto protendido; neste caso a armadura (ou a cordoalha) é preliminarmente submetida a esforços de tração visando melhorar o desempenho estrutural da peça a ser concretada.

Deve-se destacar a possibilidade de utilização da “argamassa armada” (algumas vezes também chamada de “microconcreto”) que tem a mesma origem do concreto armado só com a ausência do agregado graúdo. Normalmente, como armação, são utilizadas as tradicionais telas soldadas. Os elementos de argamassa armada são caracterizados pela pequena espessura - da ordem de 20 mm em média.

Atualmente, está sendo cada vez mais empregado nas estruturas o “Concreto de Alto Desempenho” - CAD. É um concreto obtido com um aditivo superfluidificante e com a adição de sílica ativa. O CAD é um concreto com propriedades superiores às do concreto tradicional, sobretudo quanto à durabilidade e à resistência. Ele é mais resistente, menos poroso, mais impermeável, mais resistente à ambientes agressivos, apresentando maior proteção para as armaduras e possui maior durabilidade. Enquanto as resistências características ( $f_{ck}$ ) dos concretos tradicionais normalmente não ultrapassam 21 MPa, com o CAD é possível se atingir resistências superiores a 100 MPa.

Outra alternativa existente é a possibilidade de se adicionar às misturas de argamassas e de concretos determinadas fibras sintéticas, de materiais poliméricos (propileno), vidro (com restrições), poliéster ou náilon, fibras de aço e carbono. Estas fibras melhoram o comportamento dos elementos com elas fabricados, trazendo vários benefícios técnicos como: redução da retração plástica, aumento das resistências ao impacto, à abrasão, ao fogo e à penetração de substâncias químicas e da água. Entretanto, não possuem função estrutural e não devem substituir as armaduras convencionais.

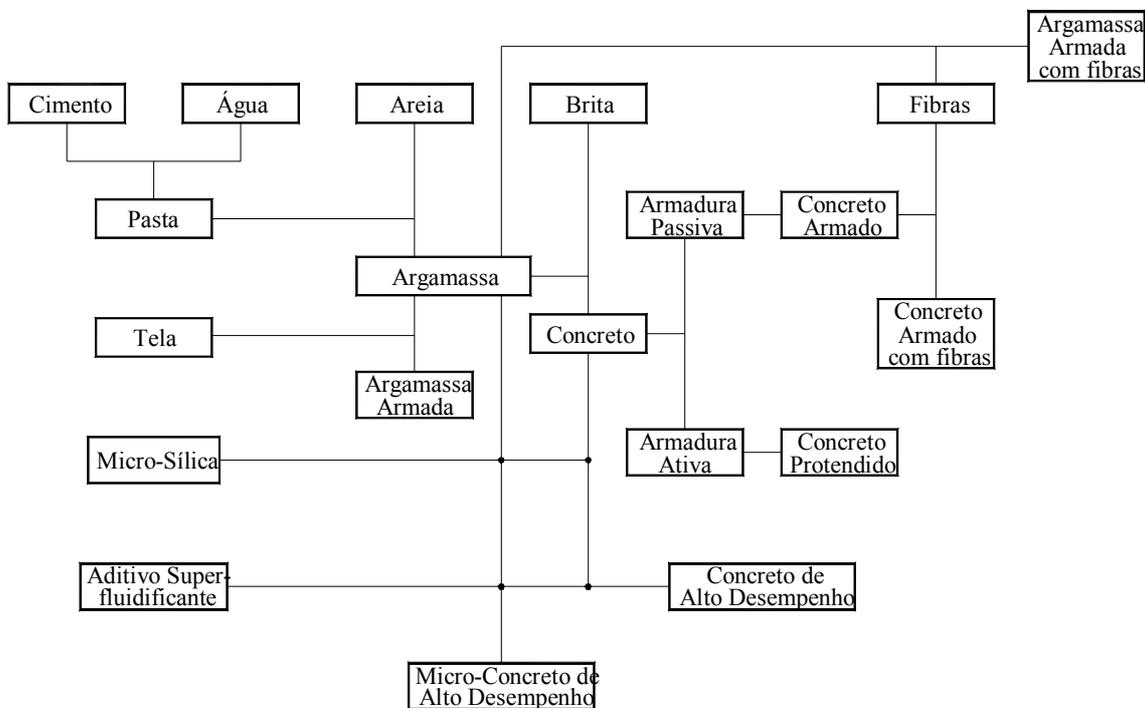


Figura 1.1

## 1.5 . VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO:

Apenas para efeito de comparação, examinam-se agora as vantagens e desvantagens do concreto armado:

### VANTAGENS:

- Economia - o concreto se revela mais barato que a estrutura metálica, exceto em casos de vãos muitos grandes. Em muitos casos os agregados podem ser obtidos no próprio local da obra. Não exige mão de obra especializada.

- b) Durabilidade - a resistência do concreto aumenta com o tempo.
- c) Adaptação a qualquer tipo de fôrma.
- d) Manutenção e conservação praticamente nulas.
- e) Resistência ao fogo.
- f) Impermeabilidade.
- g) Monolitismo.
- h) Resistência ao desgaste mecânico (choques, vibrações).
- i) Facilidade de execução (fácil emprego e manuseio).

#### DESVANTAGENS:

Entretanto, apesar de tantas vantagens, o concreto armado apresenta também sérias desvantagens, como:

- a) Grande peso-próprio 2500 kg / m<sup>3</sup> (pode ser reduzido com utilização de agregados leves)
- b) Reforma e demolições difíceis ou até impossíveis.
- c) Baixo grau de proteção térmica.
- d) Demora de utilização (o prazo pode ser reduzido com a utilização de aditivos).

### 1.6 - NORMAS TÉCNICAS:

No Brasil o órgão responsável pelas atividades normativas é a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Há diversos tipos de normas técnicas:

- Procedimento (NB) - Especificação (EB) - Método de Ensaio (MB) -
- Padronização (PB) - Terminologia (TB) - Simbologia (SB) - Classificação (CB)

Quando uma norma qualquer dos tipos acima é registrada no INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - recebe um número colocado após a sigla NBR, que significa norma brasileira registrada.

As principais normas relacionadas com estruturas de concreto armado, além de diversas outras, são:

NB 1	NBR 6118	Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
NB 2	NBR 7187	Cálculo e Execução de Pontes de Concreto Armado
NB 4	NBR 6119	Cálculo e Execução de Lajes Mistas
NB 5	NBR 6120	Cargas Para o Cálculo de Estruturas de Edificações
NB 6	NBR 7188	Cargas Móveis em Pontes Rodoviárias
NB 7	NBR 7189	Cargas Móveis em Pontes Ferroviárias
NB 8	NBR 5984	Norma Geral do Desenho Técnico
NB 16	NBR 7191	Execução de Desenhos para Obras de Concreto Simples ou Armado
NB 49		Projeto e Execução de Obras de Concreto Simples
NB 51		Projeto e Execução de Fundações
NB 116	NBR 7197	Cálculo e Execução de Obras de Concreto Protendido
NB 599	NBR 6123	Forças Devidas ao Vento em Edificações
EB 1	NBR 5732	Cimento Portland Comum
Outras Especificações para Cimentos ver Capítulo2 (item 2.1.1)		
EB 3	NBR 7480	Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para Concreto



## Capítulo 2 - “O CONCRETO”

Neste capítulo, antes de efetivamente se iniciar o dimensionamento das peças que compõem as estruturas de concreto armado, estudar-se-á de forma resumida o material “concreto”, analisando seus materiais componentes, suas principais propriedades, dosagens e cuidados para uma adequada utilização.

Por se tratar de assunto das disciplinas de “Materiais de Construção”, a abordagem que será feita será superficial, objetivando apenas destacar os conceitos básicos necessários ao conhecimento deste material “o concreto”, devendo os interessados em mais detalhes, recorrer aos ensinamentos daquela disciplina.

Inicia-se pelo estudo dos materiais que constituem o concreto.

### 2.1 - MATERIAIS COMPONENTES:

#### 2.1.1 - CIMENTO:

O Cimento Portland é um aglomerante obtido pela moagem do clínquer, ao qual são adicionados durante a moagem, quantidades de sulfato de cálcio - gesso. As matérias-primas empregadas na fabricação são o calcário, a argila e o gesso.

Os sacos de cimento vendidos no comércio, além da sigla de letras e algarismos romanos que caracterizam o tipo do cimento, devem apresentar um número em algarismo arábico: 25, 32 ou 40, indicando a mínima resistência à compressão aos 28 dias de idade em argamassa normal, ou seja, 25 MPa, 32 MPa ou 40 MPa. Exceção aos cimentos de alta resistência inicial cujas resistências devem ser medidas aos 7 dias de idade.

As normas brasileiras apresentam nove tipos diferentes de cimento, através de seis normas. Além da diferenciação por tipo, alguns são subdivididos em classes de resistência. Veja quadro a seguir:

#### ESPECIFICAÇÕES PARA OS CIMENTOS PORTLAND:

##### 1 . Cimento Portland Comum (EB1 / NBR 5732):

Sigla	Designação	Classe *
CP I	Cimento Portland Comum	25, 32, 40
CP I - S	Cimento Portland Comum c/ Adição	25, 32, 40

##### 2 . Cimento Portland Composto (EB 2138 / NBR 11578):

Sigla	Designação	Classe *
CP II - E	Cimento Portland com Escória	25, 32, 40
CP II - Z	Cimento Portland com Pozolana	25, 32, 40
CP II - F	Cimento Portland com Filer	25, 32, 40

3 . Cimento Portland de Alto-Forno (EB 208 / NBR 5735):

Sigla	Designação	Classe *
CP III	Cimento Portland de Alto-Forno	25, 32, 40

4 . Cimento Portland Pozolânico (EB 758 / NBR 5736):

Sigla	Designação	Classe *
CP IV	Cimento Portland Pozolânico	23, 32

5 . Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (EB 2 / NBR 5733):

- Sigla: CP V - ARI

- Deve apresentar o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade de 34 MPa.

6 . Cimento Portland Resistente a Sulfatos (EB 903 / NBR 5737):

Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de “RS”. Exemplo: CP III 32 RS ; CP V-ARI-RS

7. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (NBR 13116):

Estes cimentos são designados pela sigla original acrescida de “BC” . Exemplo: CP IV-32 BC

8. Cimento Portland Branco (NBR 12989)

Estrutural: CPB – 32

Não Estrutural: CPB

\* **OBSERVAÇÃO:** As classes 25, 32, e 40 representam os mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade, em MPa.

Nas estruturas e construções comuns, geralmente é utilizado o Cimento Portland Composto com Escória, da classe 32, ou seja: CP II - E - 32.

Normalmente o cimento é vendido no comércio em sacos de 50 kg, protegidos com folhas de papel impermeável, devendo estar impresso na embalagem o tipo e a classe do cimento. O volume correspondente ao saco de 50 kg é de 35,3 litros (o que leva a uma massa específica aparente de 1420 kg/m<sup>3</sup>).

Especial atenção deve ser dada ao armazenamento do cimento visando, principalmente, evitar que a umidade venha a deteriorá-lo.

A NB 1 / NBR 6118 no item 8.1.1.3, faz as seguintes recomendações quanto ao armazenamento do cimento:

- local protegido da ação das intempéries, da umidade e de outros agentes nocivos (barracões cobertos, fechados lateralmente, assoalho de madeira afastado do chão e as pilhas de sacos de cimento afastadas das paredes);

- pilhas no máximo com 10 sacos, podendo atingir 15 sacos se o tempo de armazenagem for no máximo de 15 dias;
- não misturar lotes recebidos em épocas diferentes;
- consumo na ordem cronológica de recebimento.

### 2.1.2 – AGREGADOS:

Agregados são materiais geralmente inertes (não reagem com o cimento) que entram na composição do concreto com as finalidades de: - aumentar a resistência - reduzir a retração - reduzir custos.

Como pelo menos 70% do volume do concreto é ocupado pelos agregados, as suas qualidades são de grande importância.

A EB 4 / NBR 7211 fixa as características exigíveis na recepção de agregados: faixas recomendáveis de composição granulométrica, teor máximo de substâncias nocivas e impurezas orgânicas e outros dados de importância prática.

Segundo o tamanho, os agregados são classificados em grãos e miúdos. Agregado miúdo é a areia natural quartzosa, ou a artificial resultante do britamento de rochas estáveis, de diâmetros máximos igual ou inferior a 4,8 mm.

Agregado grão é o pedregulho natural, ou a pedra britada, de diâmetros máximos superiores a 4,8 mm.

De acordo com a procedência, os agregados são classificados em naturais e artificiais:

- Agregados naturais: areia, cascalho lavado do rio, britas. Pedra-pomes e escória de lava são agregados naturais para concreto leve ( $\sim 1800 \text{ kg/m}^3$ ) e os fragmentos de magnetita e de barita são utilizados para concreto pesado ( $\sim 3700 \text{ kg/m}^3$ ).
- Agregados artificiais: escória de alto-forno e argila expandida (para concreto leve).

Para a dosagem de concretos, especial atenção deve ser dada a umidade nos agregados, o que exigirá uma correção das proporções da mistura (diminuição da quantidade de água a ser adicionada e acréscimo da massa do agregado de igual valor). No caso da areia aparece outro efeito: o **“inchamento”**. É o aumento de volume causado pelas películas de água que tendem a afastar as partículas de areia. Valores de umidade em torno de 3% chegam a produzir na areia, inchamento da ordem de 30%. A determinação do inchamento de agregados miúdos é feita pelo método MB 215 / NBR 6467.

A NB 1 / NBR 6118 nos itens 6.3.2.2. e 8.1.2.3 recomenda que o diâmetro máximo do agregado deve ser menor que 1/4 da menor distância entre as faces das fôrmas e menor que 1/3 da espessura das lajes. A distância entre armaduras não deve ser menor que 1,2 vezes a dimensão máxima do agregado.

Uma classificação de acordo com suas dimensões nominais é dada a seguir:

- brita 0 . . . . . 4,8 - 9,5 mm
- brita 1 . . . . . 9,5 - 19 mm

- brita 2 ..... 19 - 25 mm
- brita 3 ..... 25 - 50 mm
- brita 4 ..... 50 - 76 mm
- brita 5 ..... 76 - 100 mm

A brita 0 é utilizada no capeamento de lajes pré-fabricadas e em alguns casos em concretos bombeados, e as britas 1 e 2 nos concretos usuais.

### 2.1.3 - ÁGUA:

A água destinada ao amassamento do concreto deverá ser isenta de impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e o cimento. Normalmente as águas potáveis são satisfatórias para o uso em concreto.

O item 8.1.3 da NB 1 / NBR 6118 especifica os teores máximos toleráveis de substâncias nocivas para a água.

A água do mar não é recomendada. Pode levar a resistências iniciais mais elevadas que os concretos normais, mas as resistências finais são sempre menores, além da possibilidade de corrosão da armadura. As águas minerais também não são recomendadas.

Na prática, quase todas as águas naturais são utilizáveis. Os maiores defeitos provenientes da água têm maior relação com o excesso de água empregada do que propriamente com os elementos que ela possa conter.

A reação química do cimento com a água é fundamental para dar ao concreto as propriedades mais importantes: resistência, durabilidade, trabalhabilidade, impermeabilidade, etc.

Atualmente, pesquisadores e tecnólogos do concreto, afirmam que todas as propriedades do concreto melhoram com a redução da água aplicada (desde que a massa continue plástica e trabalhável). Deve-se portanto, procurar-se refrear a tendência na obra, de se fazer um concreto muito fluido para facilitar os trabalhos de concretagem.

A relação entre o peso da água e o peso do cimento é chamada "**fator água-cimento**". Considerando-se apenas a água quimicamente necessária à hidratação do cimento, seria suficiente um fator água-cimento da ordem de 0,28.

A trabalhabilidade do concreto exige entretanto, fatores água-cimento muitos maiores, usualmente entre 0,45 a 0,65.

### 2.1.4 - ADITIVOS:

Aditivos são substâncias adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, inclusive facilitando seu preparo e utilização.

Eis alguns casos de utilização de aditivos:

- acréscimo de resistência

- aumento da durabilidade
- melhora na impermeabilidade
- melhora na trabalhabilidade
- possibilidade de retirada de fôrmas em curto prazo
- diminuição do calor de hidratação - retardamento ou aceleração da pega
- diminuição da retração
- aditivos plastificantes e superplastificantes
- aditivos incorporadores de ar
- e diversas outras aplicações que podem ser verificadas nos manuais técnicos dos fabricantes de aditivos. Pode-se citar os laboratórios da Sika e do Otto Baumgart .

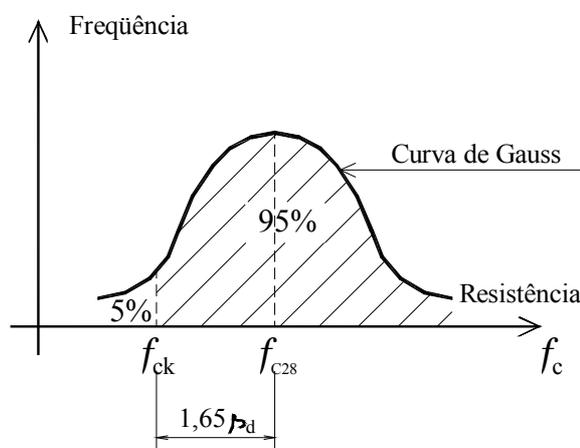
## 2.2 - RESISTÊNCIA MECÂNICA DO CONCRETO:

### 2.2.1 - Resistência do Concreto à Compressão:

A resistência é geralmente considerada a propriedade fundamental do concreto pois ele dá, normalmente, uma indicação geral da qualidade do mesmo. Devido a variedade de fatores que interferem na preparação, transporte, lançamento e cura do concreto, sua resistência mecânica apresenta grande variação.

No Brasil, a resistência do concreto à compressão é estudada por meio de ruptura de corpos de prova cilíndricos (diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm), em ensaios de curta duração realizados em laboratórios. Os corpos de prova são moldados de acordo com o método MB 2 (NBR 5738) e rompidos conforme o método MB 3 (NBR 5739).

Se foi amassado um volume de concreto e deste volume for retirada uma amostra de “n” corpos de prova que serão rompidos, poder-se-á tabular os resultados de resistência à compressão e poder-se-á traçar o polígono de freqüências. À medida que aumenta a quantidade de corpos de prova o polígono de freqüência se aproxima da curva de Gauss. Isso significa que a resistência à compressão do concreto é uma variável aleatória contínua que obedece à distribuição normal, e sendo assim, teremos:



onde:

$f_{c28}$  = média aritmética das resistências dos n corpos de prova = resistência média do concreto à compressão aos 28 dias de idade

n = número de corpos de prova ensaiados

$f_{ci}$  = resistência à compressão de cada corpo de prova

$s_d$  = desvio padrão do lote ensaiado

Figura 2.1

Pode-se escrever:  $f_{c28} = \sum f_{ci} / n$        $s_d = \sqrt{\frac{\sum (f_{ci} - f_{c28})^2}{n - 1}}$

De posse dos resultados acima, cabe então, a pergunta: “Que valor de referência deve ser adotado para a resistência do concreto à compressão no dimensionamento de estruturas?”

Uma primeira idéia seria adotar a resistência média  $f_{c28}$ . Veja, porém, que este valor não caracteriza a resistência, pois, se adotada, provavelmente obter-se-á metade do volume de concreto com resistência inferior àquela de referência adotada no dimensionamento, o que é um absurdo!

Em âmbito mundial, é adotada a resistência característica do concreto à compressão ( $f_{ck}$ ), aquela abaixo da qual só corresponde um total de 5% dos resultados obtidos (ou seja, um valor com 95% de probabilidade de ocorrência).

Do conhecimento matemático da curva de Gauss, pode-se escrever:

$$f_{ck} = f_{c28} - 1,65 s_d$$

Ora, pode-se ver que, se para uma determinada obra o projetista estrutural fixou o valor da resistência característica do concreto à compressão “ $f_{ck}$ ”, o construtor deverá adotar para a dosagem a ser feita para o concreto, uma resistência de dosagem “ $f_{c28}$ ” maior que “ $f_{ck}$ ”, visando a se obter, pelo menos 95% do volume de concreto com resistência superior a “ $f_{ck}$ ”.

$$f_{c28} = f_{ck} + 1,65 s_d$$

Quanto ao desvio padrão “ $s_d$ ”, verifica-se que o mesmo independe da resistência do concreto, influenciando primordialmente sobre seu valor a qualidade de execução, tanto é assim, que a NB 1 (NBR 6118) fixa os valores de “ $s_d$ ” em função do controle que será exercido na obra (ver “Dosagem dos Concretos” - pg. 18).

\* OBSERVAÇÃO: A escolha da idade de 28 dias para a medição de resistência do concreto foi feita supondo-se que a estrutura será submetida ao carregamento total nesta data.

### 2.2.2 - Carregamento de Longa Duração (Efeito Rüsçh)

Para a determinação da resistência do concreto, os corpos de prova foram rompidos em laboratórios em ensaios de curta duração.

Está verificando hoje que a resistência do concreto sob a ação de esforços de longa duração é menor do que sob a ação de esforços de curta duração. Como solicitações de longa duração sempre estão presentes nas estruturas de concreto armado, a NB 1 (NBR 6118) exige que, nos cálculos de compressão e flexão, a máxima tensão de compressão no concreto seja multiplicada por 0,85 (o que será mais elucidado nos exercícios de dimensionamento das peças de concreto armado).

### 2.2.3 - Resistência do Concreto à Tração:

Da mesma forma que a resistência a compressão, a resistência do concreto à tração é estudada por meio de ruptura de corpos de prova cilíndricos (diâmetro de 15 cm e altura de 30 cm) de acordo com o método MB 212 (NBR 7222), através de ensaio de fendilhamento (aplicação de forças segundo duas geratrizes diametralmente opostas). Teríamos:

$$f_{tk} = f_{t28} - 1,65 s_d$$

O item 5.2.1.2. da NB 1 (NBR 6118) estabelece que na falta de determinação experimental, poderão ser adotadas as seguintes relações:

$$f_{tk} = \frac{f_{ck}}{10} \text{ para } f_{ck} \leq 18 \text{ MPa (180 kgf/cm}^2\text{)}$$

$$f_{tk} = 0,06 f_{ck} + 7 \text{ kgf/cm}^2 \text{ para } f_{ck} > 18 \text{ MPa}$$

Observação:  $f_{tk}$  = resistência característica do concreto à tração

### 2.2.4 - Resistências de Cálculo:

O item 5.3.1.1. da NB 1 (NBR 6118) prescreve: “Os valores de cálculo da resistência dos materiais à compressão ou à tração são os respectivos valores característicos, adotados no projeto, divididos pelo coeficiente de minoração  $\gamma_c$  (concreto) ou  $\gamma_s$  (aço);  $\gamma_c$  e  $\gamma_s$  levam em conta possíveis desvios desfavoráveis dos materiais na estrutura em relação aos valores característicos e possíveis inexatidões geométricas”.

Dessa forma, para o concreto, teremos:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \qquad f_{td} = \frac{f_{tk}}{\gamma_c}$$

$f_{cd}$  = resistência de cálculo do concreto à compressão

$f_{td}$  = resistência de cálculo do concreto à tração

De uma maneira geral, a NB 1 estabelece para o coeficiente de minoração  $\gamma_c$  o valor de 1,4:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4} \qquad f_{td} = \frac{f_{tk}}{1,4}$$

Os coeficientes de minoração têm por objetivo cobrir todas as incertezas que ainda não possam ser tratadas por via estatística.

No caso do concreto, o coeficiente “ $\gamma_c$ ” visa cobrir as seguintes incertezas:

- variabilidade da resistência “ $f_{ck}$ ” quando se passa do laboratório para a estrutura real;
- erros cometidos quanto à geometria da estrutura e de suas seções;
- condições adversas de concretagem.

A NB 1 (NBR 6118) recomenda (item 5.4.1.):

“No cálculo das peças para cuja execução sejam previstas condições desfavoráveis (por exemplo, más condições de transporte, ou adensamento manual, ou concretagem deficiente pela concentração da armadura),  $\gamma_c$  deve ser elevado para 1,5”.

Para peças pré-moldadas em usinas, executadas com cuidados rigorosos,  $\gamma_c$  pode ser reduzido para 1,3.

Os coeficientes de minoração serão multiplicados por 1,2, quando a peça estiver exposta à ação prejudicial de agentes externos, tais como ácidos, álcalis, águas agressivas, óleos e gases nocivos, temperatura muito alta ou muito baixa”.

### 2.2.5 - Diagrama Tensão-Deformação do Concreto:

Existem diversos tipos de concreto e a forma do diagrama tensão-deformação é diferente para cada concreto, variando principalmente em função da resistência.

Visando estabelecer um critério comum ao dimensionamento, procurou-se adotar um padrão de diagrama tensão-deformação simplificado para todos os concretos em função unicamente da resistência característica.

A norma NB 1 (NBR 6118) no item 8.2.4., diz: “O diagrama tensão-deformação à compressão, a ser usado no cálculo, será suposto como sendo o diagrama simplificado (da figura abaixo), composto de uma parábola do 2º grau que passa pela origem e tem seu vértice no ponto de abscissa 2‰ e ordenada  $0,85 f_{cd}$  e de uma reta entre as deformações 2‰ e 3,5‰ tangendo à parábola e paralela ao eixo das abscissas”.

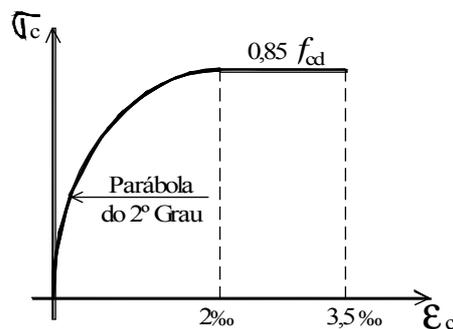


Figura 2.2: Diagrama Tensão x Deformação à Compressão do Concreto

$\sigma_c$  = tensão normal de compressão no concreto

$\epsilon_c$  = deformação específica do concreto à compressão

Observação: admite-se que a ruptura do concreto seja atingida com encurtamento de 2‰ na compressão axial e 3,5‰ na flexão pura.

### 2.2.6 - Parâmetros do Concreto:

Colocaremos neste item alguns parâmetros freqüentemente utilizados no cálculo de estruturas de concreto armado:

a) Módulo de Deformação Longitudinal à Compressão: “ $E_c$ ” (item 8.2.5. da NB 1)

$$E_c = 21000 \sqrt{f_{cj}} \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \quad \text{ou} \quad E_c = 6600 \sqrt{f_{cj}} \text{ (MPa)}$$

onde:

$$f_{cj} = f_{ck} + 35 \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{ou} \quad f_{cj} = f_{ck} + 3,5 \text{ MPa}$$

b) Coeficiente de Poisson: “ $\gamma$ ”: (é a relação entre as deformações longitudinal e transversal de uma peça comprimida longitudinalmente)

$$\gamma = 0,2 \text{ (item 8.2.6. da NB 1)}$$

c) Coeficiente de Dilatação Térmica: (item 8.2.7. da NB 1)

É considerado igual a  $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ .

### **2.3 - DOSAGEM DOS CONCRETOS:**

Por se tratar de assunto de “Tecnologia de Concreto” o estudo de Dosagem será limitado a um resumo dos conhecimentos básicos.

O principal objetivo da dosagem consiste em encontrar a mistura mais econômica para obtenção de um concreto com todas características capazes de atender às condições de resistência, às condições de serviço, utilizando os materiais disponíveis.

Vários requisitos devem ser examinados pelo tecnologista para uma perfeita dosagem:

- 1) Exigências do cálculo estrutural: o projetista fixa a resistência característica do concreto à compressão,  $f_{ck}$ , que rigorosamente deverá ser atendida.
- 2) Exigências quanto ao tipo de obra e as técnicas de construção:
  - natureza da obra (barragens, fundações, estruturas de edifícios, cais, etc.)
  - condições de exposição da obra
  - dimensões das peças (delgadas ou de grandes dimensões)
  - disposição e distância entre armaduras
  - forma (tipo) dos agregados
  - granulometria dos agregados
  - tipo de mistura (manual - mecânica)
  - transporte do concreto
  - forma de lançamento
  - método de adensamento
  - método de cura.

Examinados estes requisitos, o tecnologista dispõe de dois processos para determinar a dosagem do concreto. São eles:

1) DOSAGEM EXPERIMENTAL - os materiais constituintes (brita-areia-cimento) são examinados em laboratório para determinar a dosagem mais econômica visando a obter o  $f_{ck}$  e a trabalhabilidade requerida para a obra. Do concreto obtido são retirados corpos de prova e determinadas suas resistências e trabalhabilidade.

Como se vê, com a Dosagem Experimental tira-se real proveito das características dos materiais a serem usados na mistura do concreto.

Existem diversos métodos, bastante conhecidos e aplicados para a execução de Dosagem Experimental.

2) DOSAGEM NÃO EXPERIMENTAL - consiste no proporcionamento do concreto feito em bases arbitrárias, baseando-se na experiência ou tradição do construtor. Os materiais constituintes não são ensaiados em laboratório.

Conhecida a resistência característica " $f_{ck}$ " fixada pelo projetista estrutural, calcula-se a resistência de dosagem " $f_{c28}$ ". Utilizando-se tabelas de Dosagem de Concretos, escolhendo-se o traço que forneça ao concreto resistência superior ou igual a " $f_{c28}$ ".

A dosagem não experimental é aplicada muitas vezes em obras distantes de laboratórios, onde não é possível recorrer a ensaios de materiais.

A norma NB 1 (item 8.3.2.) faz algumas restrições à dosagem não experimental, como se verá a seguir.

Concluindo, vejamos o que a norma NB 1 estabelece quanto a dosagem de concretos (é interessante consultar também, o que a norma brasileira NBR 12655 - "Concreto - Preparo, Controle e Recebimento" comenta sobre a forma de se efetuar a dosagem e a aceitação da resistência à compressão do concreto):

### 8.3. Dosagem (item da NB 1)

#### 8.3.1. Dosagem experimental

A dosagem experimental terá por fim estabelecer o traço do concreto para que este tenha a resistência e a trabalhabilidade previstas, expressa esta última pela consistência.

##### 8.3.1.1. Método

A dosagem experimental poderá ser feita por qualquer método baseado na correlação entre os característicos de resistência e durabilidade do concreto e a relação água/cimento, levando-se em conta a trabalhabilidade desejada e satisfazendo-se às seguintes condições:

- a) a fixação da relação água/cimento decorrerá
  - da resistência de dosagem  $f_{c28}$ , ou na idade prevista no plano da obra para que a resistência seja atingida, de acordo com o item 8.3.1.2.;
  - das peculiaridades da obra relativas à sua durabilidade (tais como impermeabilidade e resistência ao desgaste, à ação de líquidos e gases agressivos, a altas temperaturas e a variações bruscas de temperatura de umidade) e relativas à prevenção contra retração exagerada;
- b) a trabalhabilidade será compatível com os característicos dos materiais componentes, com o equipamento a ser empregado na mistura, transporte, lançamento e adensamento, bem como com as eventuais dificuldades de execução das peças.

### 8.3.1.2. Resistência de dosagem

**Quando for conhecido o desvio padrão**  $s_n$  da resistência, determinado em ensaios com corpos de prova da obra considerada ou de outra obra cujo concreto tenha sido executado com o mesmo equipamento e iguais organização e controle de qualidade, a resistência de dosagem será calculada pela fórmula:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 s_d$$

sendo o desvio padrão de dosagem  $s_d$  determinado pela expressão

$$s_d = k_n s_n$$

onde  $k_n$  tem o valor seguinte, de acordo com o número  $n$  de ensaios:

$n =$	20	25	30	50	200
$k_n =$	1,35	1,30	1,25	1,20	1,10

Não se tomará para  $s_d$  valor inferior a  $20 \text{ kgf/cm}^2 = 2 \text{ MPa}$ .

**Se não for conhecido o desvio padrão**  $s_n$ , o construtor indicará, para efeito da dosagem inicial, o modo como pretende conduzir a construção, de acordo com o qual será fixado o desvio padrão  $s_d$  pelo critério abaixo (em todos os casos será feito o controle da resistência, durante o decorrer da obra, conforme o item 8.4.4.):

a) quando houver assistência de profissional legalmente habilitado, especializado em tecnologia do concreto, todos os materiais forem medidos em peso e houver medidor de água, corrigindo-se as quantidades de agregado miúdo e de água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados, e houver garantia de manutenção, do decorrer da obra, da homogeneidade dos materiais a serem empregados:

$$s_d = 40 \text{ kgf/cm}^2 = 4 \text{ MPa}$$

b) quando houver assistência de profissional legalmente habilitado, especializado em tecnologia do concreto, o cimento for medido em peso e os agregados em volume, e houver medidor de água, com correção do volume do agregado miúdo e da quantidade de água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados:

$$s_d = 55 \text{ kgf/cm}^2 = 5,5 \text{ MPa}$$

c) quando o cimento for medido em peso e os agregados em volume e houver medidor de água, corrigindo-se a quantidade de água em função da umidade dos agregados simplesmente estimada:

$$s_d = 70 \text{ kgf/cm}^2 = 7 \text{ MPa}$$

### 8.3.2. Dosagem não experimental

A dosagem não experimental, feita no canteiro da obra, por processo rudimentar, somente será permitida para obras de pequeno vulto, respeitadas as seguintes condições e dispensando o controle da resistência:

- a) a quantidade mínima de cimento por metro cúbico de concreto será de 300 kg;
- b) a proporção de agregado miúdo no volume total do agregado será fixada de maneira a obter-se um concreto de trabalhabilidade adequada a seu emprego, devendo estar entre 30% e 50%;
- c) a quantidade de água será a mínima compatível com a trabalhabilidade necessária.

## 2.4 - PRODUÇÃO DE CONCRETOS:

Uma vez estudados os materiais componentes, suas características e propriedades, uma série de cuidados deve ser observada nas etapas de produção do concreto. Vejamos, de forma resumida, cada uma destas etapas:

### 2.4.1 - Mistura:

Antes de se iniciar a mistura, logicamente, os utensílios que medirão os materiais devem estar preparados, com suas capacidades rigorosamente verificadas (item 12.2. da NB 1). Os agregados (miúdo e graúdo) normalmente são medidos em padiolas de madeira, devendo sempre levar em conta a influência da umidade. O cimento sempre deve ser medido em peso, podendo ser considerado o peso de 50 kg quando a dosagem for para um saco de cimento. A água normalmente é medida em latas.

A mistura poderá ser manual ou mecânica:

- **Amassamento manual** - a Norma NB 1, item 12.3, recomenda: “O amassamento manual do concreto, a empregar-se excepcionalmente em pequenos volumes ou em obras de pouca importância, deverá ser realizado sobre um estrado ou superfície plana impermeável e resistente. Misturar-se-ão primeiramente a seco os agregados e o cimento de maneira a obter-se cor uniforme; em seguida adicionar-se-á aos poucos a água necessária, prosseguindo-se a mistura até conseguir-se massa de aspecto uniforme. Não será permitido amassar-se, de cada vez, volume de concreto superior ao correspondente a 100 kg de cimento”.

Torna-se oportuno algumas considerações:

- 1ª) O local de amassamento, em nível, pode ser um piso de concreto, de tijolos, ou um estrado de madeira, com dimensões em torno de 3 m x 3 m.
- 2ª) A seqüência ideal para a mistura, apesar de muitas vezes não obedecido nas obras, é a seguinte:
  - coloque primeiramente, sobre o estrado, a areia em camada de 10 a 15 cm de espessura;
  - sobre essa camada espalhe o cimento e realize a primeira mistura;
  - adicione a brita e realize a segunda mistura. Se o volume de material for grande, dificultando os serviços de mistura, o volume pode ser dividido em dois montes que serão misturados independentemente e depois junte esses dois montes e misture novamente. É importante se obter uma massa homogênea de cor uniforme;
  - faça um buraco (cratera) no centro da massa e adicione a água aos poucos, cuidando para que a mesma não escorra da mistura. Continue na mistura até que toda massa fique molhada de modo uniforme.
- 3ª) Por razões de ordem prática, no amassamento manual, não aconselhamos misturar volume de concreto superior ao que se obteria com 1 saco de cimento.
  - **Amassamento Mecânico** - A mistura mecânica é feita em máquinas especiais denominadas “betoneiras”.

Não existem regras gerais para a ordem de carregamento dos materiais na betoneira, entretanto, aconselhamos essa seqüência:

- coloca-se primeiramente, uma parte da água;
- os demais materiais serão colocados nessa ordem: brita, cimento, areia e o restante da água. Algumas vezes também pode ser adotada a seguinte seqüência: brita, 1/2 quantidade de água, cimento e finalmente o restante da água. Essas seqüências de colocação de materiais são indicadas para as betoneiras de 360 litros (as mais usadas) e quando a dosagem for feita para um volume de 20 litros de cimento (= 28,3 kg).

Convém alertar que na primeira mistura, pode acontecer que o cimento e a areia fiquem aderentes à betoneira. Essa primeira remessa deve ser desprezada. Como alternativa, uma certa quantidade de argamassa pode ser introduzida na betoneira antes do início de funcionamento.

O tempo de mistura, contado a partir do instante em que todos os materiais foram colocados, varia com o tipo de betoneira (item 12.4. da NB 1). A rigor, não é o tempo de mistura, mas o número de rotações da betoneira que constitui o critério de mistura adequada. Geralmente, 20 rotações são suficientes (aproximadamente 1 minuto).

#### **2.4.2 - Transporte:**

Logo após a mistura do concreto e durante as etapas seguintes (transporte, lançamento e adensamento), há uma grande tendência do agregado graúdo se separar da massa. Esse fenômeno muito importante na tecnologia do concreto e que impede a obtenção de concretos de boas qualidades é chamado “segregação”. As diferenças de tamanho das partículas e da massa específica dos componentes da mistura constituem a causa primária da segregação. Logicamente, para se evitar a segregação, uma série de cuidados deve ser observada nas etapas de produção de concretos.

A norma NB 1 (item 13.1) recomenda que o concreto deve ser transportado do local do amassamento para o de lançamento tão rapidamente quanto possível (prazo máximo de uma hora) e o meio de transporte deve ser tal que não acarrete separação de seus elementos (segregação) ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

O sistema de transporte deverá permitir o lançamento direto nas formas, evitando-se depósito intermediário.

O transporte do concreto na direção horizontal ou inclinada (através de rampas) é feito através de carrinhos providos de rodas de pneus; na direção vertical por meio de estrados acionados por guinchos. Existem outros métodos de transporte: correias transportadoras, concreto bombeado, calhas, etc. O importante é cuidar-se para evitar trepidações que acarretariam a segregação.

### 2.4.3 - Lançamento:

A norma NB 1 (item 13.2) recomenda:

- O concreto deve ser lançado logo após a mistura, não sendo permitido entre o fim deste e o do lançamento, intervalo superior a uma hora.
- Em nenhuma hipótese se fará lançamento após o início da pega. (A especificação EB 1 sobre cimento Portland diz que o início da pega deve verificar-se no mínimo, uma hora após a adição da água de amassamento).
- O concreto deverá ser lançado o mais próximo possível de sua posição final, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das formas e nas armaduras.
- A altura de queda livre não poderá ultrapassar 2 m. Para peças estreitas e altas, o concreto deverá ser lançado por janelas abertas na parte lateral, ou por meio de funis ou trombas.
- Cuidados especiais deverão ser tomados quando o lançamento se der em ambiente com temperatura inferior a 10°C ou superior a 40°C.

Como se sabe, é extremamente difícil a reforma ou recuperação de estruturas de concreto armado. Assim, antes da concretagem, várias averiguações devem ser feitas:

1º) Quanto às fôrmas e escoramentos:

- eficácia do escoramento - exatidão das dimensões e geometria das peças a serem concretadas - posicionamento correto - alinhamento e nivelamento das formas - limpeza das formas (principalmente nos pés de pilares) - estanqueidade - molhar as formas para evitar a absorção da água de amassamento.

2º) Quanto às armaduras:

- exatidão das bitolas (diâmetros) - posicionamento e espaçamento corretos - afastamento da armação em relação às faces das formas para possibilitar o cobrimento das barras pelo concreto (pastilhas/espaçadores) - concentração de armação dificultando concretagem – posicionamento dos ferros negativos.

3º) Quanto a instalações ou peças embutidas:

- exatidão do posicionamento, caminhamento, diâmetros, dimensões, conexões - vedação perfeita - proteção quanto à obstruções por concreto ou estrangulamento de tubos flexíveis.

### 2.4.4 - Adensamento (vibração):

O adensamento tem como objetivo obrigar o concreto a preencher os vazios formados durante a operação de lançamento, eliminando as locas e retirando o ar aprisionado.

Os processos de adensamento podem ser manuais e mecânicos.

O adensamento manual é o modo mais simples e antigo e consiste em facilitar a colocação do concreto na forma mediante golpes na massa com uma haste (vergalhão), ou por apiloamento da superfície com soquetes.

O adensamento mecânico usualmente é feito através de vibradores de imersão e apresenta várias vantagens sobre o adensamento manual: - aumento da compacidade -

aumento da resistência - maior homogeneidade - economia de cimento e mão-de-obra - diminuição da retração - redução da permeabilidade - aumento da durabilidade.

Entretanto, apesar de todas estas vantagens, o excesso de vibração (que causa a segregação) ou a consistência não adequada da mistura, pode levar a concretos de péssima qualidade. Para a utilização de vibradores, a consistência do concreto deve ser, logicamente, menos plástica do que a consistência para vibração manual.

Para se evitar o excesso de vibração, ela deve ser paralisada quando o operador observar na superfície do concreto o surgimento de uma película de água e o término da formação de bolhas de ar. A formação dessas bolhas era intensa no início da vibração, mas decresce progressivamente até quase se anular.

A norma NBI (item 13.2.2.) faz as seguintes recomendações quanto ao adensamento de concreto:

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado ou secado contínua e energeticamente com equipamento adequado à trabalhabilidade do concreto. O adensamento deverá ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os recantos da forma. Durante o adensamento deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais; dever-se-á evitar a vibração da armadura para que não se formem vazios a seu redor, com prejuízo da aderência.

No adensamento manual as camadas de concreto não deverão exceder 20 cm. Quando se utilizarem vibradores de imersão a espessura da camada deverá ser aproximadamente igual a 3/4 do comprimento da agulha; se não se puder atender a esta exigência não deverá ser empregado vibrador de imersão.

#### **2.4.5 - Cura:**

Logo após a concretagem procedimentos devem ser adotados com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. A este conjunto de procedimentos dá-se o nome de “cura” do concreto.

A cura além de promover e proteger a perfeita hidratação do cimento, evita também o aparecimento de fissuras devidas a retração.

Na obra, a cura do concreto pode ser feita pelos seguintes métodos:

- 1) manutenção das superfícies do concreto constantemente úmidas, através de irrigação periódica (ou até mesmo por inundação do concreto), após a pega;
- 2) recobrimento das superfícies com sacos de aniagem, areia, palha, sacos de cimento mantidos constantemente úmidos;
- 3) aplicação de aditivos (agente de cura).

Enquanto não atingir endurecimento satisfatório, o concreto deverá ser protegido contra agentes prejudiciais, tais como mudanças bruscas de temperatura, secagem, chuva forte, água torrencial, agente químico, bem como contra choques e vibrações de intensidade tal que possa produzir fissuração na massa do concreto ou prejudicar a sua aderência à

armadura. A proteção contra a secagem prematura, pelo menos durante os 7 primeiros dias após o lançamento do concreto, aumentado este mínimo quando a natureza do cimento o exigir, poderá ser feita mantendo-se umedecida a superfície ou protegendo-se com um película impermeável. O endurecimento do concreto poderá ser antecipado por meio de tratamento térmico adequado e devidamente controlado, não se dispensando as medidas de proteção contra a secagem.

Todo processo de cura deve ser contínuo, evitando-se processos intermitentes.

Pode-se afirmar que, quanto mais perfeita e demorada for a cura do concreto, tão melhores serão suas características de resistência, de impermeabilidade de durabilidade e outras mais.

#### **2.4.6 - Retirada das formas e do Escoramento:**

Recomendações da NB1 (item 14.2):

A retirada das formas e do escoramento só poderá ser feita quando o concreto se achar suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o valor baixo de  $E_c$  e a maior probabilidade de grande deformação lenta quando o concreto é solicitado com pouca idade.

Se não for demonstrado o atendimento das condições acima e não se tendo usado cimento de alta resistência inicial ou processo que acelere o endurecimento, a retirada das formas e do escoramento não deverá dar-se antes dos seguintes prazos:

- faces laterais: 3 dias;
- faces inferiores, deixando-se pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados: 14 dias;
- faces inferiores, sem pontaletes: 21 dias.

#### ***Precauções:***

A retirada do escoramento e das formas deverá ser efetuada sem choques e obedecer a um programa elaborado de acordo com o tipo da estrutura.