



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA ES
CAMPUS COLATINA
COORDENADORIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

NOTAS DE AULA - CONCRETO

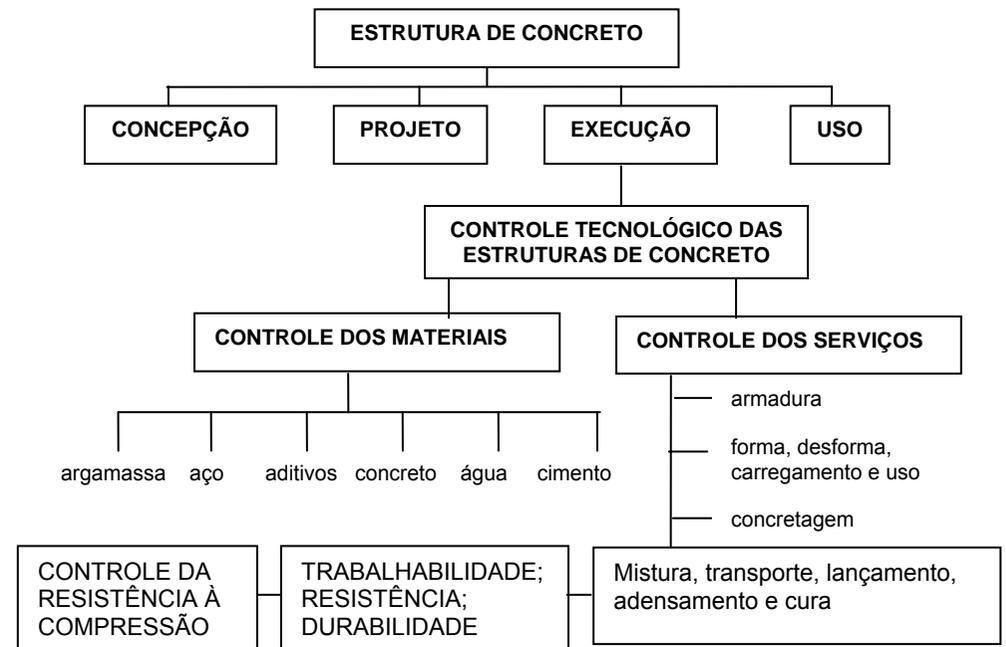
Prof^a: Alessandra Savazzini Reis
Disciplina: Tecnologia das Construções
Período: 2009

1. OBRAS DE SUPRA ESTRUTURA

Obras de supra estrutura são aquelas que se apoiam sobre a fundação. A estrutura é a parte resistente da obra. Os elementos fundamentais são: laje, pilar e viga. Existem vários tipos de materiais usados na estrutura, dentre os quais podemos citar:

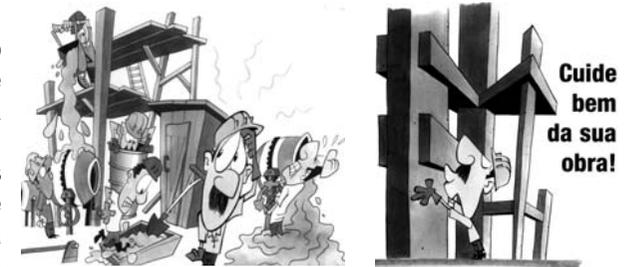
Material	Vantagens	Desvantagens
Concreto armado	Segurança contra incêndios; Fácil moldagem, estética; Pouco cuidado após cura; ↓ dimensões de peças em relação a ↑ R; R ↑ com o tempo; ↑ R à choques e vibrações; Boa aderência aço x concreto	Difícil mudar a forma depois da pega; Não aproveita após demolições; ↑ peso da estrutura; Necessita de formas para moldá-lo
Aço	Mais leves; Peças curvas; Não necessita de forma e de tempo de cura; Seguem padrão e são desmontáveis	Vento; Incêndio; Mão de obra especializada p/ a estrutura e os serviços que seguem
Madeira	Mais fáceis de montar; Não necessita de forma e de tempo de cura; Desmontável / reaproveitável	Incêndio; Ataque de fungos / insetos
Alvenaria estrutural	Fácil execução; Não necessita de forma; ↓ custo	↓ flexibilidade p/ arquitetura; Aparecimento de trincas

Nota: R – resistência à compressão



1.1 Concreto armado

O material concreto armado resulta da combinação de uma matriz alcalina composta de cimento, agregados, água e eventuais aditivos, adições e barras de aço, que adquire resistência com o tempo devido à reação de hidratação do



A associação do concreto com o aço tem a finalidade de aproveitar vantajosamente as qualidades de resistência do concreto à compressão e do aço à tração. A união dos dois materiais é possível e útil devido a:

- coeficiente de dilatação térmica ser aproximadamente iguais;
- boa aderência garantindo transmissão dos esforços entre os materiais;
- proteção do aço pelo concreto.

MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO:

- CIMENTO PORTLAND
 - é vendido em sacos de 50 Kg ou a granel;
 - deve ser armazenado em local abrigado e acima do piso;
 - pilhas de no máximo 10 sacos (ergonomia, compressão, empedramento);
 - rotatividade no armazenamento;
 - para concreto aparente usar cimento de mesma marca p/ não mudar cor.
- ÁGUA
 - limpa, isenta de teores prejudiciais de substâncias nocivas ao concreto nas reações de hidratação entre água e o cimento;
 - a medição da quantidade de água é muito importante → ↑água ↓resistência à compressão do concreto;

O quadro a seguir apresenta os limites máximos de impurezas presentes na água:

Impurezas	Limite
Matéria orgânica	3 mg/l
Resíduos sólidos	5000 mg/l
Sulfatos	300 mg/l
Cloretos	500 mg/l
Açúcar	5 mg/l

⇒ água do mar: o uso da água do mar em concreto armado aumenta o risco da corrosão do aço. Geralmente se obtém resistência inicial maior, porém as resistências finais são menores.

- AREIA
 - deverá ser silico-quartzosa;
 - deve ser grossa, limpa (sem elementos prejudiciais ao aço e à hidratação do cimento) ex.: matéria orgânica;
 - verificar a umidade da areia que pode fazer variar a quantidade de água de amassamento.
- BRITA
 - verificar visualmente a granulometria da brita fornecida;
 - não deve conter pó na sua superfície (< 3% de pó);
 - deve ter forma cúbica ou esférica para se obter maior aderência.

- ADITIVOS
 - são produtos químicos adicionados ao concreto para melhorar algumas de suas propriedades;
 - existem diversos tipos de aditivos: aceleradores, impermeabilizantes, incorporadores de ar, etc...
- ADIÇÕES MINERAIS
 - em geral são resíduos provenientes de outras indústrias. A incorporação de adições em concreto resulta na melhoria das características técnicas, pois modificam a estrutura interna da pasta de cimento.
 - as adições minerais, de acordo com sua ação físico-química, podem ser classificadas em: material pozolânico (sílica ativa, cinza de casca de arroz, pozolana natural); material cimentante (escória de alto forno) e filler (calcáreo, pó de quartzo e pó de pedra).

1.2 CONCRETO APARENTE

Quando o concreto for usado como material de acabamento, ou seja, sem revestimento, alguns cuidados devem ser observados:

- para se obter acabamento liso, deve-se empregar formas de madeira plastificadas ou metálicas, já que estes tipos de forma proporcionam menor concentração de bolhas de ar junto à superfície.
- os desmoldantes facilitam a retirada das formas depois que o concreto endureceu, evitando que o concreto “cole” à forma. Estes não devem reagir com o cimento, nem causar manchas na superfície do concreto. A camada de desmoldante deve ser uniforme, evitando-se concentração em pontos isolados da forma que causam descolamento de pequenas placas da superfície do concreto onde o desmoldante está em excesso.
- a vibração deve ser adequada e deve-se evitar que a armadura fique próxima da superfície. O uso de aditivos plastificantes são recomendados.

1.3 TIPOS DE CONCRETO DE ACORDO COM O USO

⇒ **concreto armado**: usados nas estruturas dos edifícios e obras de arte normais. Densidade do concreto: 2500 Kg/m³. Este concreto possui em seu interior, armações feitas com barras de aço. Estas armações são necessárias para atender à deficiência do concreto em resistir a esforços de tração (seu forte é a resistência à compressão) e são indispensáveis na execução de peças como vigas e lajes, por exemplo.

Pode ser chamado de concreto convencional, quando não apresenta nenhuma característica especial, é utilizado no dia a dia da construção civil. Seu slump test (valor numérico que caracteriza a consistência do concreto) varia em torno de 40 mm a 70 mm, podendo ser aplicado na execução de quase todos os tipos de estruturas, com os devidos cuidados quanto ao seu adensamento. Na obra, o caminhão pode descarregar diretamente nas formas, ou pode ser transportado por meio de carrinhos de mão, giricas, guas ou elevadores, não sendo bombeado.



Concreto convencional



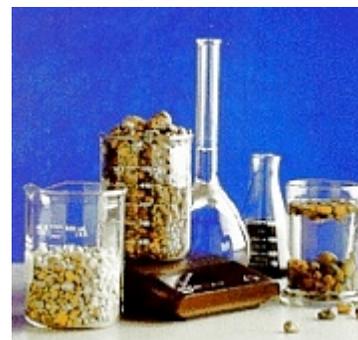
Concreto bombeado



Laje pré fabricada com lajotas cerâmicas e uso de concreto bombeado



⇒ **concreto leve:** é executado com argila expandida ou poliestireno expandido (isopor), é usado em “enchimentos” de piso, isolamento térmico e acústico, divisórias ou em locais onde se deseja reduzir o peso próprio da estrutura. Densidade do concreto leve: 1800 a 2000 Kg/m³.



Agregados leves



Argila expandida

⇒ **concreto celular:** é um concreto leve, sem função estrutural, que consiste de pasta ou argamassa de cimento com incorporação de minúsculas bolhas de ar. É indicado para isolamento térmico em lajes de cobertura e terraços, enchimentos de pisos e rebaixamento de lajes, produção de pré fabricados, etc. O concreto celular possui massa específica variando de 500 a 1800 Kg/m³.

⇒ **concreto pesado:** é obtido usando-se agregados com elevada massa específica, tais como: hematita, barita, magnetita. Este tipo de concreto é empregado como anteparo radioativo (ex.: salas de raio x, paredes de reatores atômicos, contra-pesos).



Sala de raio X

⇒ **concreto massa:** são concretos para grandes volumes, tem baixo teor de cimento e muito agregado graúdo, não ultrapassa de 200 Kg de cimento por m³ concreto.

⇒ **concreto colorido:** é obtido pela adição de pigmentos que tingem o concreto, dispensando a necessidade de pintura. É usado em pisos, fachadas (concreto aparente), vigas, pilares, lajes ou peças artísticas (monumento).



Piso em concreto colorido



Concreto colorido

⇒ **concreto protendido:** concreto com cabos de aço de alta resistência que são tracionados. Usados nas estruturas dos edifícios e em obras de arte normais. Densidade do concreto: 2500 Kg/m^3 . A protensão pode ser definida como sendo o artifício de introduzir na estrutura, um estado prévio de tensões, através de uma compressão prévia na peça concretada. Dentro das vantagens que esta técnica pode oferecer, temos a redução na incidência de fissuras, diminuição na dimensão das peças devido à maior resistência dos materiais empregados, possibilidade de vencer vãos maiores do que o concreto armado convencional.



Estrutura protendida



Viga protendida

⇒ **concreto pré-fabricado:** usado em estrutura pré-fabricada. Os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. Por este motivo, este conjunto de peças é também conhecido pelo nome de estrutura pré-fabricada. Estas estruturas podem ser adquiridas junto a empresas especializadas, ou moldadas no próprio canteiro da obra, para serem montadas no momento oportuno.



Ponte pré-fabricada



lçamento de peça pré-fabricada

⇒ **concreto de alta resistência (CAR):** é aquele com valores de resistência acima dos concretos comumente usados, ou seja, acima de 50 MPa. Pode ser obtido usando-se cimento, sílica ativa e aditivos plastificantes, obtendo-se uma relação água/cimento e sílica baixas. Este concreto exige rigoroso controle tecnológico, tendo como campo de aplicação pilares de edifícios, obras marítimas, pisos de alta resistência, reparos de obras de concreto, etc.

⇒ **concreto submerso:** é aplicado na presença de água, como em tubulões, barragens, estruturas submersas no mar ou em água doce, estruturas de contenção ou em meio a lama bentonítica. Apresenta maior coesão não permitindo a dispersão do concreto ao entrar em contato com a água e oferece uma maior resistência química ao concreto. Sua dosagem é feita com aditivos especiais e/ou adições.



Fundação de ponte

⇒ **concreto projetado:** é lançado por equipamentos especiais e em alta velocidade sobre a superfície, proporcionando a compactação e a aderência do mesmo à superfície. São utilizados para revestimentos de túneis, paredes, pilares, contenção de encostas, etc.



Projeção de concreto

⇒ **concreto bombeável:** são elaborados com certas características de fluidez, necessárias para serem bombeados através de tubulação. Esta tubulação tem início em uma bomba de concreto (onde o caminhão betoneira descarrega) e vai até o local de aplicação. O serviço de bombeamento se caracteriza por dar uma maior rapidez à concretagem, diminuir a mão de obra para o transporte e aplicação do concreto, eliminar o uso de carrinhos de mão ou similares e utilizar um concreto que permite uma melhor trabalhabilidade, necessitando de menos vibração para um melhor acabamento.



Bombeamento de concreto

⇒ **concreto com adição de fibras:** as fibras podem ser sintéticas ou naturais. São empregadas principalmente para minimizar o aparecimento das fissuras originadas pela retração plástica do concreto, que pode ser causada por temperatura ambiente, vento, calor de hidratação do cimento.



Fibras de polipropileno



Fibras de aço

⇒ **concreto ciclópico:** é o concreto com pedras de mão (10 a 40 cm de comprimento e massa média de 5Kg/pedra), que fazem parte da dosagem do concreto e são adicionadas no local de aplicação. É usado em peças de grandes dimensões e com máquinas específicas



Pedra de mão

⇒ **concreto para pavimentação rígida:** é usado em pavimentação rígida de ruas, áreas de estacionamento, piso de postos de gasolina, o custo inicial é alto, porém apresenta vantagens em comparação ao asfalto comumente usado, tais como:

- Construção: rapidez na execução, não exige mão de obra especializada nem equipamentos sofisticados.
- Economia: pequena necessidade de manutenção e economia de até 30% nas despesas com iluminação.
- Desempenho: enorme vida útil, resiste a produtos químicos e não é afetado pelo calor. E apresenta maior durabilidade.
- Projeto: a resistência aumenta com a idade, os meios-fios e sarjetas podem ser construídos juntamente com o pavimento simples.

A tecnologia do concreto oferece um amplo leque de opções, para atender aos requisitos básicos de cada obra, como é o caso do atual desenvolvimento do *whitotopping* (cobrindo de branco), onde as pistas de asfalto são cobertas com concreto, trazendo às mesmas os benefícios do pavimento rígido.



Aplicação do concreto de pavimentação rígida

⇒ **concreto rolado**: é usado em pavimentação urbana, como sub-base de pavimentos e barragens de grande porte. Apresenta acabamento não tão bom quanto o dos concretos de pavimentação rígida, tem como característica baixo consumo de cimento e sua trabalhabilidade permite a compactação através de rolos compressores.



Aplicação do concreto rolado

⇒ **concreto auto-adensável (CAA)**: é indicado para concretagem de peças densamente armadas, estruturas pré-fabricadas, fôrmas em alto relevo, fachadas em concreto aparente, painéis arquitetônicos, lajes, vigas, etc. Este concreto, com grande variedade de aplicações é obtido pela ação de aditivos superplastificantes, que proporcionam maior facilidade de bombeamento, excelente homogeneidade, resistência e durabilidade. Sua característica é de fluir com facilidade dentro das formas, passando pelas armaduras e preenchendo os espaços sob o efeito de seu próprio peso, sem o uso de equipamento de vibração. Para lajes e calçadas, por exemplo, ele se auto nivela, eliminando a utilização de vibradores e diminuindo o número de funcionários envolvidos na concretagem.



Lançamento do CAA

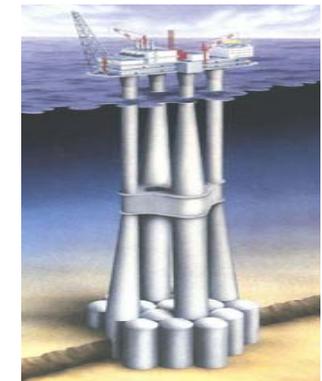


Estrutura densamente armada

⇒ **concreto de alto desempenho (CAD)**: é calculado para se obter elevada resistência e durabilidade. Com a utilização de adições e aditivos especiais, sua porosidade e permeabilidade são reduzidas, tornando as estruturas elaboradas com este tipo de concreto, mais resistentes ao ataque de agentes agressivos tais como cloretos, sulfatos, dióxido de carbono e maresia. O CAD tem suas resistências superiores a 40 MPa, o que é de extrema importância para estruturas que necessitem ser compostas por peças com menores dimensões. Além do aumento na vida útil das obras, este concreto pode proporcionar: desfôrmas mais rápidas, diminuição na quantidade e metragem das formas, maior rapidez na execução da obra.



Ponte em CAD



Plataforma (Canadá) em CAD

⇒ **grout**: é uma argamassa composta por cimento, areia, quartzo, água e aditivos especiais, que tem como destaque sua elevada resistência mecânica. Ele

se caracteriza por ser auto adensável, permitindo sua aplicação no preenchimento de vazios, juntas de alvenaria estrutural, recuperação estrutural.



Detalhes do groutamento

⇒ **concreto resfriado**: é aquele que tem a temperatura de lançamento reduzida, através da adição de gelo à mistura, em substituição total ou parcial da água da dosagem. Para se fazer este tipo de concreto, o gelo deve ser moído e ficar à disposição da central dosadora em caminhões frigoríficos. Ele só deve ser colocado no caminhão betoneira, momentos antes da carga. Em obras de grande porte são necessárias logísticas especiais, que podem incluir até a montagem de uma estrutura para produzir seu próprio gelo. Sua adição tem como objetivo principal, a redução das tensões térmicas, através da diminuição do calor de hidratação nas primeiras horas. Este procedimento, além de evitar fissuras, mantém por mais tempo a trabalhabilidade e gera uma melhor evolução da resistência à compressão.

O concreto resfriado é mais utilizado em estruturas de grandes dimensões, ou seja, barragens, alguns tipos de fundações, bases para máquinas e blocos com alto consumo de cimento.



Construção de usina hidrelétrica

1.4 PROPRIEDADES DO CONCRETO

a) Trabalhabilidade – facilidade de manuseio, a trabalhabilidade do concreto deverá ser compatível com as dimensões das peças a concretar, com a distribuição do aço e com os processos de lançamento e adensamento usados.

b) Durabilidade – capacidade de manutenção das propriedades do concreto ao longo do tempo, deve-se tomar cuidados especiais com o concreto quando for usado em ambientes agressivos (próximo ao mar). Deve-se respeitar o consumo mínimo de cimento e a relação água cimento compatível.

c) Resistência mecânica – o concreto deve apresentar resistência mecânica igual ou superior à do projeto estrutural.

d) Impermeabilidade – impede a passagem de fluido por ele. ↑compacto ↑impermeável.

e) Resistência à abrasão – resistência ao desgaste, os agregados contribuem.

f) Coesão – garante as propriedades do concreto durante as etapas da concretagem.

A trabalhabilidade e a coesão são consideradas propriedades do concreto no estado fresco. Enquanto as demais citadas são propriedades do concreto endurecido.

1.5 ADITIVOS PARA CONCRETO

São substâncias químicas que quando adicionadas ao concreto, alteram alguma de suas propriedades normais. Devem ser usados com muito cuidado porque eles também podem ter efeitos secundários indesejáveis e porque a dosagem influi muito no resultado.

A eficácia de um aditivo não depende somente dele, no resultado também influem: a qualidade do cimento e demais componentes do concreto ou argamassa, a proporção da mistura, a granulometria, etc.

Os aditivos podem ser classificados em:

- ✓ modificadores da reologia da massa fresca;
- ✓ modificadores do tempo de pega;
- ✓ impermeabilizantes ou hidrófugos;
- ✓ expansivos.

Modificadores da reologia da massa fresca: são produtos que permitem alterar a consistência da massa. Podem ser classificados em:

- a) plastificantes: usados para dar maior trabalhabilidade ao concreto sem aumentar a relação água/cimento.

Efeitos sobre a massa fresca	Efeito sobre a massa endurecida
<ul style="list-style-type: none"> - diminuem a relação água/cimento - facilitam o lançamento nas formas - reduzem o tempo e a intensidade da vibração 	<ul style="list-style-type: none"> - aumento das resistências mecânicas - diminuição do consumo de cimento - aumento da densidade do concreto (maior proteção das armaduras)

- b) dispersor de ar: incorporam à massa, minúsculas bolhas de ar uniformemente espalhadas. Estas bolhas funcionam como esferas ao redor dos grãos do concreto, aumentando a trabalhabilidade, permitindo a redução da água de amassamento.

Aditivos modificadores do tempo de pega: são produtos que fazem aumentar ou diminuir a velocidade de pega do cimento e o desenvolvimento da resistência durante seu envelhecimento.

- a) aceleradores de pega: produtos que reduzem energeticamente o tempo de endurecimento da massa de concreto.

Efeitos sobre a massa fresca	Efeito sobre a massa endurecida
<ul style="list-style-type: none"> - aceleram as reações de hidratação do cimento 	<ul style="list-style-type: none"> - aumentam as resistências mecânicas nas primeiras horas, mas a resistência final é normalmente inferior à de uma argamassa sem acelerador

- b) retardadores de pega: aumentam o tempo de trabalhabilidade da massa sem afetar o desenvolvimento da resistência final do concreto.

Efeitos sobre a massa fresca	Efeito sobre a massa endurecida
<ul style="list-style-type: none"> - tornam as reações de hidratação do cimento mais lentas - diminuem o calor de hidratação 	<ul style="list-style-type: none"> - diminuem as resistências mecânicas nas primeiras horas, mas as resistências finais são superiores a de um concreto sem aditivo

Aditivos impermeabilizantes ou hidrófugos: reduzem a absorção e a permeabilidade da argamassa ou concreto.

Efeitos sobre a massa fresca	Efeito sobre a massa endurecida
<ul style="list-style-type: none"> - melhoram a trabalhabilidade, permitindo redução da relação a/c. 	<ul style="list-style-type: none"> - maior durabilidade pois impedem a entrada de agentes agressivos

Aditivos expansivos: evitam a retração do concreto durante a cura.

Efeitos sobre a massa fresca	Efeito sobre a massa endurecida
<ul style="list-style-type: none"> - Aumentam a fluidez das pastas - Aumentam a coesão e homogeneidade da massa - Evitam retração característica da mistura - Aumentam a plasticidade 	<ul style="list-style-type: none"> - Diminui a densidade em função dos vazios existentes - Diminui a resistência mecânica

1.6 ADIÇÕES

A necessidade de aprimorar certas características do concreto levou ao desenvolvimento dos aditivos e incentivou também a busca por outros tipos de materiais que, adicionados ao concreto, pudessem melhorar ainda mais o seu desempenho, tal como as adições. Entre os materiais utilizados como adições temos as fibras de nylon ou de polipropileno que evitam fissuras, os pigmentos para colorir, as fibras de aço que substituem armaduras, o isopor para enchimentos, a sílica ativa, metacaulim, etc. que aumentam a resistência e diminuem a permeabilidade, entre outros.

Cabe ressaltar que os cimentos também passam por seu próprio desenvolvimento. As adições de fíler, escória e pozolana, por exemplo, são responsáveis pelos cimentos do tipo CII-F, CII-E e CII-Z. Elas propiciam uma diminuição da permeabilidade e da porosidade capilar, aumentam a resistência a sulfatos e reduzem o calor de hidratação.

Outro ponto positivo é que certos tipos de adições, tanto no cimento quanto no concreto, carregam também consigo um benefício ambiental. No caso das cinzas volantes e das escórias de alto forno, consideradas subprodutos poluidores, temos não só um destino para estes resíduos, mas também uma economia da energia elétrica utilizada nos processos e um aumento na vida útil das jazidas de calcário.

1.7 DOSAGEM DO CONCRETO

A dosagem é a determinação da quantidade de cada elemento constituinte do concreto. Depende:

- da finalidade a que se destina a obra;
- das características dos constituintes;
- das dimensões das peças a serem concretadas;
- do custo dos materiais.

Dosagem experimental – são executadas por empresas de controle tecnológico de concreto, onde são analisadas as propriedades do cimento, dos agregados e do concreto em laboratório e verifica-se sua resistência.

Dosagem não experimental – esse tipo de dosagem não tem fundamento em critério lógico. A aplicação dos traços empíricos são limitados às obras de pequeno vulto, respeitando as seguintes condições :

- quantidade mínima de cimento 300 Kg por m³ de concreto;
- proporção de agregado miúdo no volume total do agregado, que deverá estar entre 30 a 50%;
- água na quantidade mínima p/ trabalhabilidade necessária.

A NBR6118 especifica as classes de agressividade ambiental de acordo com o ambiente no qual a estrutura está inserida.

Agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ¹⁾²⁾	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ¹⁾²⁾	
IV	Muito forte	Industrial ¹⁾³⁾	Elevado
		Respingos de maré	

1)Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).
 2)Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas da chuva em ambientes predominantemente secos ou em regiões onde chove raramente.
 3)Ambiente quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Correspondência entre classe de agressividade ambiental e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤0,65	≤0,60	≤0,55	≤0,45
	CP	≤0,60	≤0,55	≤0,50	≤0,45
Classe de concreto (ABNT8953)	CA	≥C20	≥C25	≥C30	≥C40
	CP	≥C25	≥C30	≥C35	≥C40

NOTAS
 1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR12655.
 2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.
 3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

1.8 RESISTÊNCIA DE DOSAGEM DO CONCRETO

$$F_{CJ} = F_{CK} + 1,65 \times sd$$

Sendo: F_{CJ} = resistência de dosagem do concreto
 F_{CK} = resistência característica do concreto
 sd = desvio padrão, sendo $sd \geq 2$ MPa

O sd é adotado em função do controle de qualidade da obra, que é caracterizado pelo grau de controle de execução do concreto, o qual pode ser:

- *controle rigoroso* : quando houver assistência permanente de engenheiro na obra e todos os materiais forem medidos em peso, sendo a umidade da areia determinada freqüentemente e por método preciso ($sd = 4$ MPa)
- *controle razoável* : quando apenas o cimento for medido em peso e os agregados em volume, sendo a umidade da areia determinada freqüentemente e por método preciso ($sd = 5.5$ MPa)
- *controle regular*: quando apenas o cimento for medido em peso e os agregados em volume, sendo a umidade da areia simplesmente estimada. ($sd = 7$ MPa)

A quantidade de água na dosagem interfere significativamente na resistência obtida do concreto, logo não deve ser negligenciada sua forma de medição.

1.9 CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO ARMADO NA OBRA

⇒ Conferir as quantidades de materiais especificados no traço na execução do concreto

⇒ Moldar os corpos de prova para ensaio de resistência à compressão.

⇒ Verificar a consistência pelo Slump Test

Os ensaios de 1 amostra devem ser feitos p/ cada 25 m³ de concreto, mas pelo menos 1 vez por dia quando feito na obra e na recepção de cada caminhão betoneira quando feito em usina. Para cada c.p. de resistência deve-se fazer 1 ensaio de Slump. Sendo cada amostra = 2 c.p. p/ determinar resistência.

O aço que chega na obra também deve ser analisado através de ensaios tecnológicos em cada remessa que chegar, sendo no mínimo 2 corpos de prova. As barras de aço devem ser isentas de sujeira, corrosão. As emendas das barras devem ser feitas de acordo com o projeto estrutural.

Normas ensaio: Slump Test NBR 7223 e Resistência à compressão NBR5739

SLUMP TEST - a simplicidade deste ensaio o consagrou como o principal controle na obra, embora seja limitado.

ETAPAS DO SLUMP TEST

- colete a amostra de concreto depois de descarregar 0,5m³ de concreto do caminhão e em volume aproximado de 30 litros;
- coloque o cone sobre a placa metálica bem nivelada e apoie seus pés sobre as abas inferiores do cone;
- preencha o cone em 3 camadas iguais e aplique 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada;
- adense a camada junto à base, de forma que a haste de socamento penetre em toda espessura. No adensamento das camadas restantes, a haste deve penetrar até ser atingida a camada inferior adjacente;
- após a compactação da última camada, retire o excesso de concreto e alise a superfície com uma régua metálica;
- retire o cone içando-o com cuidado na direção vertical;
- coloque a haste sobre o cone invertido e meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto, expressando o resultado em milímetros.

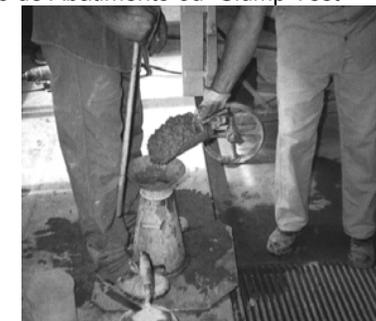
A correção de água do concreto no caminhão betoneira deve ser efetuado de maneira a corrigir o abatimento de todo o volume transportado, garantindo-se a homogeneidade da mistura logo após a adição de água complementar. O concreto deve ser agitado na velocidade de mistura, durante pelo menos 60 segundos. A tabela a seguir relaciona a consistência ao tipo de obra:

Tipos de construção	Consistência	Abatimento mínimo e máximo (mm)		
		Execução razoável e regular		Rigorosa
		SEM	COM VIBRAÇÃO	
Fundações e muros não armados	Firme	20 a 40	20 a 60	10 a 50
Fundações e muros armados	Firme até plástico	30 80	30 70	20 60
Estruturas comuns	Plástico	60 80	50 70	40 60
Peças esbeltas ou muita armadas	Mole até plástico	80 110	70 90	60 80
Concreto aparente	Plástico até mole	70 100	60 80	50 70
Concreto bombeado até 40m	Mole	-	80 100	70 90
Concreto bombeado acima 40m	Muito mole	-	90 130	80 100
Elementos pré fabricados	Plástico até firme	30 100	30 80	20 70
Lastros / pisos	firme até plástico	60 80	50 70	30 40
Blocos maciços (socados)	muito firme (úmido)	-	10 30	0 20

TESTE DA CONSISTÊNCIA – Ensaio de Abatimento ou “Slump Test”



Equipamento para o ensaio de slump



Enchimento do cone



Adensamento das camadas de concreto



Medida do Slump após a retirada do cone

1.10 AMOSTRAGEM DO CONCRETO

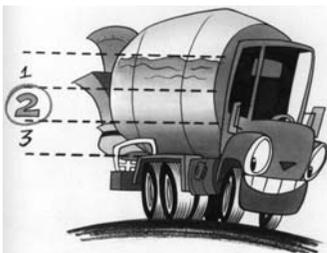
Depois de o concreto ser aceito por meio do ensaio de abatimento (slump test), deve-se coletar uma amostra que seja representativa do concreto para o ensaio de resistência à compressão.

A retirada de amostras do concreto deve seguir as especificações constantes na NBR.

Não é permitido tirar amostras no princípio quanto no final da descarga da betoneira. A amostra deve ser colhida no terço médio da mistura. A amostra deve ser coletada cortando o fluxo de descarga do concreto, utilizando-se para isso um recipiente ou “carrinho de mão” e, em seguida, homogeneizada para assegurar sua uniformidade. Retira-se uma quantidade suficiente, 50% maior que o volume necessário, e nunca menor que 30 litros. Moldagem:

- preencha os moldes cilíndricos (150mm x 300mm) em 4 camadas iguais e sucessivas, aplicando 30 golpes em cada camada, distribuídos uniformemente. A última conterá um excesso de concreto; retire-o com a régua metálica;
- deixe os corpos de prova nos moldes, sem sofrer perturbações e em temperatura ambiente por 24 horas;
- após este período deve-se identificar os corpos de prova e transferi-los para o laboratório, onde serão rompidos para testar sua resistência.

TESTE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO



A amostra

- A amostra deve ser colhida depois que a terça parte da carga da betoneira tiver sido descarregada
- São coletados pelo menos 30 litros de amostra no carrinho de mão.



MODO DE FAZER A AMOSTRAGEM



- A base deve estar nivelada e as formas limpas
- Os moldes cilíndricos serão preenchidos com 4 camadas iguais e sucessivas



- Em cada camada, são aplicados 30 golpes com a haste. Estes golpes são aplicados da maneira mais uniforme possível



- Ao aplicar a última camada, o excesso de concreto é retirado com uma régua
- Os corpos de prova ficam descansando nos moldes por 24 horas, em temperatura ambiente
- Não mexer nos corpos de prova durante este período



1.11 CONCRETO DOSADO EM CENTRAL

Central dosadora – local de dosagem ou mistura do concreto por meio de instalações e equipamentos próprios, sendo o mesmo transportado ao local de aplicação por meio de caminhões betoneiras.



Centrais dosadoras de concreto

O concreto é um dos materiais de construção mais utilizados em nosso país. A racionalização dos canteiros de obra e a busca da qualidade fez com que as construtoras usem o concreto dosado em central.

O concreto dosado em central é o concreto executado pelas empresas prestadoras de serviços de concretagem (concreteiras). A dosagem correta dos seus materiais componentes e aditivos (quando necessários) é feita seguindo-se as Normas específicas regidas pela ABNT e de acordo com o tipo de obra.

O concreto dosado em central pode ter diversos usos e aplicações: em quaisquer tipos e portes de edificações, na pavimentação de vias urbanas e rodovias, barragens, obras de saneamento e serviços públicos, pontes, túneis e viadutos, plataformas marítimas e até obras de pequeno porte como calçadas, guias e sarjetas.

Podemos destacar algumas vantagens do concreto usinado:

- eliminação das perdas de areia, brita e cimento;
- racionalização do número de operários da obra, com conseqüente diminuição dos encargos sociais e trabalhista;
- maior agilidade e produtividade da equipe de trabalho;
- garantia da qualidade do concreto devido ao controle das centrais através de Certificados de resistência obtidos por ensaios de amostras em laboratório .

- redução no controle de suprimentos, materiais e equipamentos, bem como eliminação das áreas de estoque, com melhor aproveitamento do canteiro de obras;
- dosagem automática dos materiais componentes sob supervisão e controle de pessoal especializado;
- redução do custo total da obra.

1.11 PROGRAMAÇÃO DA CONCRETAGEM E PEDIDO DO CONCRETO

A programação depende de vários fatores, como: se o concreto será executado no canteiro de obra ou numa central dosadora de concreto.

Para solicitar os serviços de uma central dosadora de concreto deve-se ter em mãos todos os dados necessários, tais como:

- Indicações precisas da localização da obra e o acesso à mesma;
- Volume calculado medindo-se as formas;
- Resistência característica do concreto à compressão (fck) que consta no projeto estrutural, consumo de cimento por m³ de concreto;
- Tamanho do agregado graúdo a ser usado, em função das dimensões da peça e da armadura;
- Abatimento (slump test) adequado ao tipo de peça a ser concretada;
- Programação do horário de início da concretagem, os intervalos de entrega de acordo com capacidade de aplicação do concreto na obra;
- Especificação da forma de lançamento: convencional, por bombas estacionárias ou autobomba com lança, esteira, caçamba (gruas), etc. e o tempo previsto para o lançamento.

Deve-se verificar se a obra dispõe de vibradores suficientes, se os acessos e os equipamentos para o transporte de concreto estão em bom estado – guinchos, carrinhos, etc. – e se a equipe operacional está dimensionada para o volume e o prazo de concretagem previsto.

1.12 PLANO DE CONCRETAGEM

O plano de concretagem é um conjunto de medidas a serem tomadas antes do lançamento do concreto para assegurar a qualidade da peça a ser concretada.

Itens a serem verificados (check list) :

Fôrmas e escoramentos:

- confira as dimensões baseadas no projeto;
- verifique a capacidade de suporte e de deformação das formas provocadas pelo peso próprio ou operações de lançamento do concreto;
- verifique a estanqueidade da forma para evitar a fuga da nata;
- limpe as formas e aplique o desmoldante;
- formas absorventes devem ser molhadas antes da concretagem.

Armadura:

- confira as bitolas, quantidade e dimensões das barras;
- confira o posicionamento da armadura na forma;
- fixe adequadamente;
- verifique os cobrimentos da armadura (pastilhas/espaçadores) especificados no projeto. Pastilhas de argamassa devem ter a mesma relação a/c do concreto aplicado, e devem ser curados adequadamente;
- limpe a armadura (oxidação, gorduras, desmoldante, etc.), a fim de garantir a aderência do concreto;
- não pise nas ferragens “negativos” da armadura.

Planejamento:

- dimensione a equipe envolvida nas operações de lançamento, adensamento e cura do concreto;
- planeje as interrupções nos pontos de continuidade das formas, como: juntas de concretagem e encontro de pilares, paredes com vigas e lajes, etc.
- garanta equipamentos suficientes para o transporte de concreto dentro da obra (carrinhos, giricas, dumper, bombas, esteiras, guinchos, guindaste, caçamba, etc.)
- providencie um número suficiente de tomadas de força para os equipamentos elétricos;
- tenha vibradores e mangotes reservas, para eventual necessidade.

Quadro com verificações a serem feitas para a concretagem:

Formas e escoramentos	Armaduras	Lançamento	Adensamento	Cura
Conferência	Conferência (bitola/quant.)	Programação (vol., intervalo, acessos)	Vibradores	Duração
Capacidade de suporte	Posicionamento	Equipe	Escoramento	Processos (úmida, película)
Estanqueidade	Amarração	Descontinuidades (juntas)	Treinamento	
Limpeza e desmoldante	Cobrimentos	Tipo (bomba, convencional)		
Superfície (solo/concreto)	Limpeza	Equipamentos Plano (posição, altura)		

1.13 RECEBIMENTO DO CONCRETO DA CENTRAL

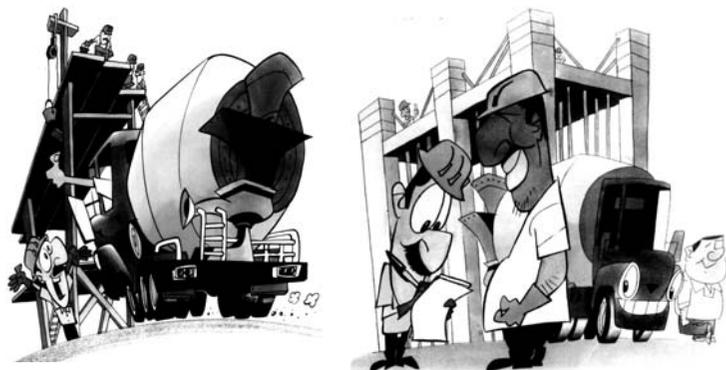
Com a chegada do caminhão na obra, antes do descarregamento, deve-se verificar todas as características especificadas no pedido e conseqüentemente no documento de entrega do concreto, que deve conter informações como:

- volume do concreto;
- abatimento (slump test);
- resistência característica do concreto à compressão (fck) ou o consumo de cimento;
- slump test - consistência;
- tamanho máximo do agregado;
- aditivo, quando for usado.

Antes da descarga do caminhão deve-se avaliar se a quantidade de água existente no concreto está compatível com as especificações, não havendo falta ou excesso de água. A falta de água dificulta a aplicação do concreto, criando “nichos” de concretagem, e o excesso de água, embora facilite sua aplicação, diminui consideravelmente sua resistência. Este ensaio é feito com slump test.

As regras para a reposição de água perdida por evaporação são especificadas pela NBR7212 – execução de concreto dosado em central. De uma forma geral, a

adição de água permitida não deve ultrapassar a medida do abatimento solicitada pela obra e especificada no documento de entrega do concreto.



Conferencia das informações sobre o concreto

1.14 ETAPAS DA CONCRETAGEM

Amassamento ou mistura do concreto

Tem por finalidade estabelecer contato íntimo entre os materiais componentes para se obter um recobrimento de pasta de cimento sobre as partículas dos agregados, assim como, uma mistura geral de todos os materiais. Deve ser homogênea.

Amassamento manual ⇒ usado em obras menores. Mistura-se areia e cimento, logo depois a brita, no meio lança-se a água aos poucos, prossegue-se a mistura. Não se pode amassar de cada vez volume superior a 100 Kg de cimento.

Amassamento mecânico ⇒ é feita por meio de betoneiras. A duração da mistura é a necessária p/ permitir perfeita homogeneidade e depende do diâmetro da betoneira.

Ordem de colocação dos elementos:

a) ½ brita-1/2areia-cimento-água-1/2brita-1/2areia;

b) brita – água – cimento – areia – brita;

Podem existir variações na ordem de colocação dos elementos na betoneira.

Transporte

O transporte deve ser feito:

- o mais rápido possível após o preparo;
- no menor percurso possível (máx. 60m – transp. convencional);
- de modo a não ocorrer desagregação dos elementos.

Se for considerado o transporte do concreto do caminhão betoneira até o local de lançamento na estrutura, o mesmo pode ser feito de duas maneiras:

- CONVENCIONAL – o concreto é transportado até as formas por meio de carrinhos de mão, giricas, caçambas, carrinho motorizado, guinchos e calhas, guias, correias transportadoras, etc.
- BOMBEÁVEL – é utilizado um equipamento chamado “bomba de concreto”, que transporta o concreto através de uma tubulação metálica até o local de lançamento, vencendo grandes distâncias na horizontal e vertical.

No concreto bombeado, o diâmetro (Φ) interno da tubulação deverá ser no mínimo 4 vezes maior que o Φ máximo do agregado usado. Deve-se assegurar que a lança atinja todos os pontos de concretagem e verificar a mobilidade segura quanto à redes de eletricidade.

A bomba de concreto tem a capacidade de lançar volumes elevados de concreto em curto espaço de tempo. Compare:

Transporte convencional	Transporte por bombas
4 a 7 m ³ de concreto por hora	35 a 45 m ³ de concreto por hora

A utilização de bombas permite racionalizar mão-de-obra e, ainda, sendo o concreto bombeado mais plástico, necessitará de menor energia de vibração.

No transporte feito por caminhões betoneira deve-se prever na obra um trajeto a ser percorrido até o ponto de descarga limpo e em terreno firme, evitando atolamentos e manobras difíceis que podem atrasar a concretagem em andamento. A circulação dos caminhões deve ser facilitada, de modo que o caminhão seguinte não impeça a saída do caminhão vazio.

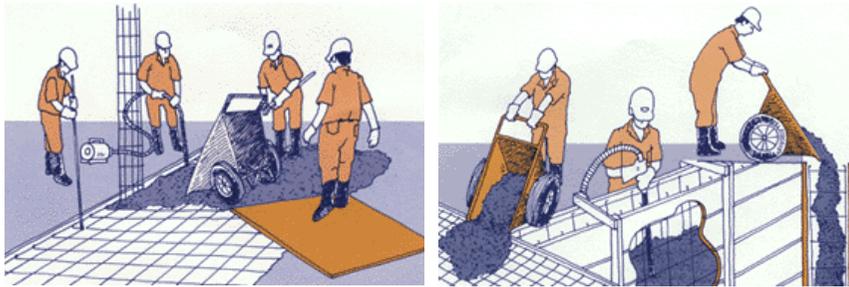
A descarga do concreto deve ocorrer no menor prazo possível; quando for lançado por meio de bombeamento ou quando o número de caminhões estiver circulando, deve-se prever um local próximo à concretagem para que os caminhões possam aguardar o momento do descarregamento.

Lançamento

O concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, sejam adequadamente envolvidos na massa de concreto.

O lançamento deve ser liberado após a verificação das condições da:

- forma; limpeza; escoramento; aço; armadura; aplicação de desmoldante; fixadores de recobrimento.



Lançamento de concreto

Deve-se verificar se as formas estão em conformidade com o projeto – medidas e posições das mesmas.

Verificar se o escoramento está bem dimensionado de forma a suportar o peso das formas, das ferragens e do concreto a ser aplicado, bem como das cargas que venham a ocorrer durante a concretagem como: movimentação de pessoal, transporte do concreto, etc. e ainda impedir deformações que venham a alterar as dimensões da peça recém-concretada.

As formas (painéis), o travamento e contraventamento devem apresentar rigidez suficiente para resistir a esforços que ocorram durante o processo de concretagem.

Verificar se as formas estão bem limpas, molhadas (no caso de formas absorventes) e estanques a fim de evitar a perda da nata de cimento.

Verificar também se o desmoldante foi aplicado nas formas de madeira antes da colocação do aço e de qualidade tal a não prejudicar o concreto.

Verificar a armadura, como as bitolas usadas, a quantidade e posição das barras de acordo com o projeto estrutural, não pode haver deslocamentos do aço.

Verificar os recobrimentos nos fundos e laterais das formas de acordo com a NBR 6118, que devem ser assegurados através de espaçadores.

O lançamento deve ser feito logo após o amassamento (intervalo menor que 1 hora) preenchendo uniformemente a forma.

No lançamento convencional, as rampas não devem ter inclinação excessiva e os acessos deverão ser planos, de modo a evitar a segregação.

As camadas de lançamento devem ter altura aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha do vibrador, em geral de 15 a 30 cm, a partir das extremidades em direção ao centro da forma.

A altura máxima de lançamento do concreto é de 2 metros para se manter a homogeneidade do concreto. Deve-se para isso usar funis, calhas ou abrir janelas.

Prever no lançamento passagens de tubulações nos elementos estruturais, a critério do engenheiro calculista, deve-se também prever reforços do aço no vão e dar preferência a partes que causem menos problemas à estrutura.

Cuidados especiais devem ser tomados para concretagem com temperatura ambiente inferior a 10°C e superior a 35°C.

No lançamento por meio de bombas:

- especifique o equipamento de lançamento: altura de lançamento, bomba estacionária ou bomba lança;
- preveja local de acesso e de posicionamento para os caminhões e bombas;
- garanta o estacionamento, próximo à bomba, para dois caminhões betoneira objetivando o fluxo contínuo de bombeamento;
- estabeleça a seqüência de concretagem e o posicionamento da tubulação de bombeamento.

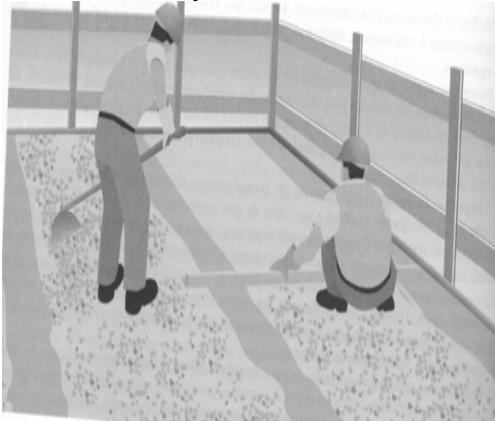


Transporte e lançamento de concreto

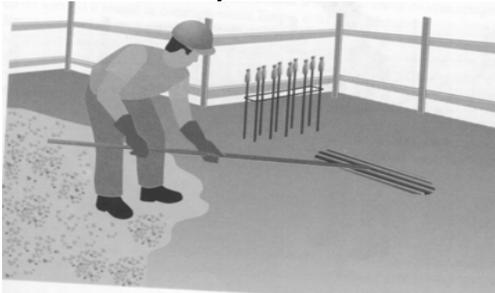
ETAPAS DO LANÇAMENTO DO CONCRETO NA LAJE



Nívelamento da laje



Sarrafeamento da laje



Alisamento do concreto da laje

Adensamento

Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deverá ser vibrado contínua e energeticamente com equipamentos adequados à trabalhabilidade do concreto. Não devem ocorrer ninhos ou segregação dos materiais. Não se deve vibrar a armadura (pois os vazios ao redor do aço ↓ aderência)

Os processos de adensamento podem ser: manuais ou mecânicos.

Os manuais – podem ser feitos através de socamento ou apiloamento, que consiste em facilitar a acomodação na forma e entre as armaduras mediante apiloamento de uma barra metálica, a espessura deverá ser de no máximo 20 cm.

Os mecânicos – vibração – permitem dar ao concreto uma maior fluidez sem aumento da quantidade de água. As características do concreto são melhoradas com a vibração. Deve-se providenciar o equipamento necessário: vibrador de imersão (agulha), vibrador de superfície (régua ou placas vibratórias, acabadoras de superfície), vibradores externos (vibradores de forma, mesa vibratória, rolos compactadores vibratórios).

RAIO DE AÇÃO DO VIBRADOR EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DA AGULHA

Ø agulha	Raio de ação	Dist. entre vibração
25 a 30 mm	10 cm	15 cm
35 a 50 mm	25 cm	38 cm
50 a 75 mm	40 cm	60 cm

PRECAUÇÕES NO USO DO VIBRADOR:

- não se deve arrastar concreto com vibrador
- a posição da agulha é vertical p/ melhor transmissão dos esforços
- deve-se deixar o vibrador penetrar no concreto suavemente e retirar o vibrador do concreto de acordo que o concreto preencha o vazio
- camada de concreto com espessura = 3 /4 comprimento da agulha e sempre penetrando na camada anterior
- manusear o vibrador com luvas e botas p/ evitar choque elétrico e verificar parte elétrica (fios e isolamento)
- guardar e transportar mangote sem dobras e fazer manutenção e limpar logo após o uso
- tempo máximo de vibração ± 20 segundos e distancia entre pontos de vibração = ± 60 cm.



Uso do vibrador



Cura – as superfícies concretadas devem ser mantidas úmidas durante pelo menos 07 dias a partir do lançamento.

A evaporação prematura da água pode provocar fissuras na superfície do concreto e, ainda, reduzir em até 30% sua resistência.

Alguns métodos usados para cura:

- molhar continuamente a superfície do concreto, logo após o endurecimento, durante os 07 primeiros dias;
- manter uma lâmina d'água sobre a peça concretada, sendo este método limitado a lajes, pisos ou pavimentos;
- manter a peça umedecida por meio de uma camada de areia úmida, serragem, sacos de aniagem ou tecido de algodão;
- utilizar membranas de cura, que são produtos químicos aplicados na superfície do concreto que evitam a evaporação precoce da água;
- deixar o concreto nas fôrmas, mantendo-as molhadas.



Cura do concreto



1.15 SEQUÊNCIA DE CONCRETAGEM

- 1º - fazer formas p/ pilar, viga e laje
- 2º - colocar ferragem e forma nos pilares
- 3º - concretar pilares até a altura inferior da viga
- 4º - colocar ferragem nas vigas e lajes
- 5º - concretar vigas e lajes juntas

Essa seqüência pode ser adequada às características de cada obra.

Juntas de dilatação = devem ser previstas p/ permitir o deslocamento da estrutura a cada 15 metros.

Juntas de concretagem = são feitas de acordo com as interrupções da execução da concretagem. Deve-se planejar o local onde ocorrerá a interrupção da mesma.

O concreto novo possui pouca aderência ao já endurecido. Para que haja uma perfeita aderência entre a superfície já concretada e aquela a ser concretada, deve-se:

- remover toda a nata de cimento (parte vitrificada), por jateamento de abrasivo ou por apicoamento, com posterior lavagem, de modo a deixar aparente a brita, para que haja uma melhor aderência com o concreto a ser lançado;
- prever a interrupção da concretagem em pontos que facilitem a retomada da concretagem da peça, para que não haja a formação de "nichos" de concretagem, evitando a descontinuidade na vizinhança daquele ponto.

As juntas de concretagem devem garantir a resistência aos esforços que podem agir na superfície da junta.

Na execução dos serviços de concretagem devem-se fiscalizar os procedimentos para não surgir problemas como:

- dificuldades na interpretação de projetos;
- formas e escoramentos, desforma mal executados;
- armadura (bitola e distribuição) em desacordo com projetos;
- juntas de concretagem não planejadas;
- cura do concreto deficiente;
- passagens de tubulações nos elementos estruturais sem estudo no projeto estrutural.

PROBLEMAS QUE PODEM OCORRER NA CONCRETAGEM

- aglomeração de barras de aço dificultando a passagem do concreto e do vibrador (pode causar vazios no concreto)
- falta de indicação da posição correta do aço de espera dos pilares do pavimento superior (que pode então não assegurar a continuidade do aço e a transmissão dos esforços pelas barras)

BREVE HISTÓRICO DO CONCRETO ARMADO

Lambot (1855)	Teve a primeira idéia de associar o aço ao concreto exibindo um barco feito com esses materiais
Francisco Coignet (1861)	Constrói pisos de concreto reforçado com barras de aço
Monier (1865)	1ª patente para obras de concreto
1870	Na Alemanha, uma sociedade fundada adquiriu a patente de Monier e os direitos para tais construções

1.16 NORMALIZAÇÃO

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas, com sua sede no RJ normaliza produtos, serviços que usamos ou prestamos. O código de defesa do consumidor no inciso VII apóia o seguimento dos produtos/serviços às Normas Técnicas regulamentadas ou não.

Relação de algumas normas relativas ao concreto armado:

NBR 6118	Projeto de estruturas de concreto armado - Procedimento
NBR14931	Execução de estruturas de concreto - Procedimento
NBR5750	Amostragem de concreto fresco
NBR12655	Preparo, controle e recebimento do concreto
NBR12654	Controle tecnológico de materiais componentes do concreto
NBR7215	Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão
NBR7223	Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
NBR7480	Barras e fios de aço destinados a armaduras p/ concreto armado
EB1763	Aditivos p/ concreto de cimento portland

1.17 PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO - NBR 6118/2007 (NB-1 / 1960) E EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – NBR 14931/2007

Essa Norma fixa as condições gerais que devem ser obedecidas no projeto, na execução e no controle do concreto armado.

As obras a serem executadas total ou parcialmente com concreto armado deverão obedecer ao projeto elaborado por profissional habilitado que

compreenderá cálculos, desenhos de execução, programa de execução (abrangendo programa de lançamento do concreto, retirada de escoramentos e de formas) e memorial justificativo. A categoria e a classe do aço, bem como o valor da resistência característica do concreto (f_{ck}) deverão constar nos desenhos de armaduras e de formas, de modo que fique bem destacado. É importante se ter uma perfeita integração do projeto estrutural com os demais projetos.

Na análise estrutural deve ser considerada a influencia de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura.

As ações podem ser classificadas em:

- permanentes (ex.: peso próprio),
- variáveis (ex.: ação do vento)
- excepcionais (cargas excepcionais).

O carregamento é a combinação das ações que tem probabilidade não desprezível de atuar simultaneamente sobre a estrutura, durante um período. Esse carregamento origina esforços na estrutura, os quais podem ser dos tipos: momento fletor, momento tursor, esforço cortante, esforço normal.

As classes de resistência do concreto:

- C15: fundações e obras provisórias;
- C≥20: demais estruturas de concreto;
- C≥25: concreto protendido.

A NBR 6118 se aplica para concretos de até 50MPa.

No dimensionamento das estruturas de acordo com a NBR6118, as cargas são majoradas e as resistências do aço e do concreto são minoradas através de COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO adotados em função das considerações de cálculo do projeto estrutural, no caso do cálculo no ELU (estado limite último), os valores podem ser:

Para ações : $\gamma = 1,4$ (este valor é variável)

Para o concreto : $\gamma_c = 1,2$ a $1,4$

Para o aço : $\gamma_s = 1,0$ a $1,15$

Ou seja,

$$\text{Para o concreto } F_{cd} = \frac{E_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\text{Para o aço } F_{yd} = \frac{E_{yk}}{\gamma_s}$$

DEFINIÇÕES DA NORMA

LAJES ⇒ lajes maciças são chapas de concreto armado de pequena espessura, que se empregam em vãos que não excedem geralmente em 4 metros.

Espessuras mínimas para lajes maciças:

5 cm ⇒ laje de cobertura não em balanço;

7 cm ⇒ laje de piso e lajes de cobertura em balanço;

10 cm ⇒ laje destinada a passagem de veículos de peso $\leq 30\text{kN}$;

12 cm ⇒ laje destinada a passagem de veículos de peso $\geq 30\text{kN}$;

15 cm ⇒ laje com protensão apoiada em vigas entre outras situações;

14 cm ⇒ laje cogumelo (laje apoiada diretamente em pilares com capitéis);

16 cm ⇒ laje lisa (laje apoiada em pilares sem capitéis).

LAJES NERVURADAS ⇒ laje moldada in loco com nervuras (várias vigotas), a espessura da mesa deve ser $\geq 1/15$ da distancia entre as nervuras e não menor que 3 cm. As nervuras devem ter espessura maior que 5 cm.

VIGAS ⇒ têm geralmente seção retangular com o predomínio da altura. A seção transversal das vigas devem ter largura $\geq 12\text{cm}$.

PILARES ⇒ são peças prismáticas em que predomina a altura. Apresentam geralmente seção quadrada ou retangular ou podem ter outra forma. A seção transversal dos pilares devem ter dimensão $\geq 19\text{cm}$, em casos especiais pode-se considerar dimensão variando de 12 a 19cm.

2 AÇO NA OBRA

O aço é uma liga metálica de ferro e carbono, com um percentual de 0,03% a 2,00% de participação do carbono, que lhe confere maior ductilidade, permitindo que não se quebre quando é dobrado para a execução das armaduras. Para projeto, devem ser usados os diâmetros e seções transversais nominais indicadas na NBR 7480.

Os fios e barras de aço utilizados nas estruturas de concreto são classificados em categorias, conforme o valor característico da resistência de escoamento (f_{yk}). Nesta classificação, a unidade de medida está em kgf/mm^2 , sendo os aços classificados como: CA 25; CA 40; CA 50 ou CA 60. Por exemplo, o aço CA 50, deve apresentar resistência (f_{yk}) equivalente a 500 MPa.

Os aços podem também ser divididos conforme o processo de fabricação, ou seja:

Aços Tipo A

Fabricados pelo processo de laminação a quente sem posterior deformação a frio, ou por laminação a quente com encruamento a frio. Apresentam em seu gráfico de tensão x deformação um patamar de escoamento. São fabricados com bitolas (diâmetros) iguais ou maiores do que 5mm. São denominados barras de aço.

Aços Tipo B

Fabricados pelo processo de laminação a quente com posterior deformação a frio (trefilação, estiramento ou processo equivalente). Não apresentam em seu gráfico tensão x deformação um patamar de escoamento. São fabricados com bitolas de 5,0mm; 6,3mm; 8,0mm; 10,0mm e 12,5mm. São denominados fios de aço.

IDENTIFICAÇÃO DAS BARRAS DE AÇO

As barras de aço de bitola igual ou superior a 10 mm deverão apresentar marcas de laminação, identificando o produto e a categoria do material. As de bitola inferior a 10 mm e os fios serão identificados por cores (pintura do topo).

2.1 DOBRAMENTO DO AÇO NA OBRA

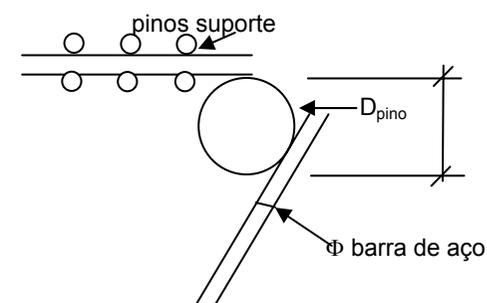


Tabela de diâmetro dos pinos (D) para dobra de aço usado em estribo

Bitola (mm)	Tipo de aço		
	CA-25	CA-50	CA-60
$\emptyset \leq 10$	3 \emptyset	3 \emptyset	3 \emptyset
$10 < \emptyset < 20$	4 \emptyset	5 \emptyset	-
$\emptyset \geq 20$	5 \emptyset	8 \emptyset	-

Tabela de diâmetro dos pinos (D) para dobra de aço longitudinal

Bitola (mm)	Tipo de aço		
	CA-25	CA-50	CA-60
$\varnothing < 20$	4 \varnothing	5 \varnothing	6 \varnothing
$\varnothing \geq 20$	5 \varnothing	8 \varnothing	

2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS BITOLAS DO AÇO:

BITOLA		Peso/metro (Kg)
mm	polegada	
4.8	3 /16	0.140
5.0	-	0.154
6.3	1 /4	0.245
8.0	5 /16	0.395
10.0	3 /8	0.617
12.5	1 /2	0.963
16.0	5 /8	1.578
20.0	3 /4	2.466
22.5	7 /8	2.980
25.0	1	3.853
32.0	1 1/4	6.313
40.0	1 1/2	9.865

Densidade do aço 7850Kg/m³
NBR 7480/1996.

2.3 MONTAGEM DO AÇO

O arranjo das armaduras deve atender não só à sua função estrutural como também às condições adequadas de execução, particularmente com relação ao lançamento e ao adensamento do concreto. Os espaços devem ser projetados para a introdução do vibrador e de modo a impedir a segregação dos agregados e a ocorrência de vazios no interior do elemento estrutural.

As proteções de periferia da obra contra acidentes devem estar instaladas na área de trabalho para garantir a segurança dos trabalhadores. As formas devem estar montadas (no caso de pilares – não fechadas), com locação e escoramento conferidos e desmoldante aplicado.

2.4 CORTE E DOBRA DO AÇO

Montar no início da obra, uma bancada de armador – constituída basicamente de pranchões de madeira apoiados sobre cavaletes e provida de equipamentos necessários à preparação da armadura, tais como: serra elétrica com policorte, chave de dobra e pinos de apoio fixos na bancada, se a ferragem for executada

na obra (existem também centrais específicas para o trabalho com o aço fora da obra). Cortar as barras de aço na bancada, seguindo as orientações e dimensões constantes no projeto detalhado de armação. Para se racionalizar o serviço, o técnico ou engenheiro da obra pode fazer um plano de corte para aproveitar todo o aço. Montar a ferragem na bancada firmemente de modo que as peças dos conjuntos não se movimentem.

Nos pilares e vigas – colocar os espaçadores usando em média cinco ou mais peças por m² considerando sempre todas as faces da forma. Posicionar na forma as peças já montadas, evitando choques da armadura com os painéis. Nas lajes – fixar nas posições exatas os gabaritos (caixinhas) para a passagem de tubulações elétricas e hidráulicas. Montar a ferragem diretamente sobre a forma, sendo 1º a armadura principal e depois a secundária. Amarrar os ferros alternadamente. Posicionar as barras negativas amarrando-as à armadura da viga (se houver) e usar “caranguejos” para manter os ferros negativos na posição. Utilizar espaçadores em média 5 peças por m².



Dobra do aço



Corte do aço



Ferragem e forma



Colocação da ferragem

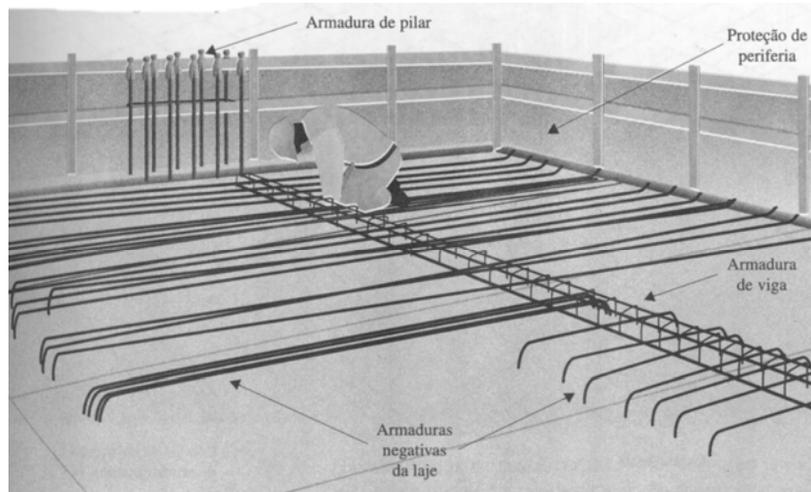


Bancada de armador

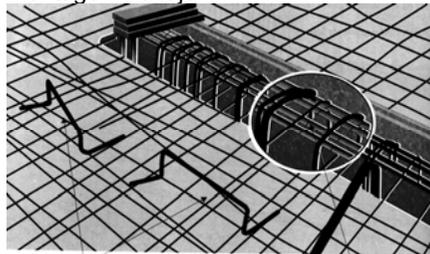


Espaçadores

MONTAGEM DA ARMADURA NEGATIVA E POSITIVA



Montagem na laje



Caranguejo



2.5 PROTEÇÃO DO AÇO

Qualquer barra da armadura deve ter cobrimento de concreto, de acordo com a Tabela a seguir.

Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para tolerância de execução - $\Delta c = 10\text{mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade (tabela 6.1)				c nom $\geq \Phi$ barra
		I	II	III	IV3	
		Cobrimento nominal - mm				
Concreto armado	Laje2	20	25	35	45	Se rígido controle reduzir em 5mm, os valores do cobrimento
	Viga/pilar	25	30	40	50	
Concreto protendido1	Todos	30	35	45	55	

1 Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

2 Para a face superior de lajes e vigas serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimento finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitando um cobrimento nominal $\geq 15\text{mm}$ 3 Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.

2.6 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DA NBR 6118

LAJE

aço : $\Phi_{\text{barra}} \geq 5.0\text{ mm}$

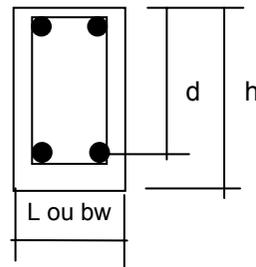
$\Phi_{\text{barra}} \leq 1/8$ da espessura da laje

espaçamentos do aço :

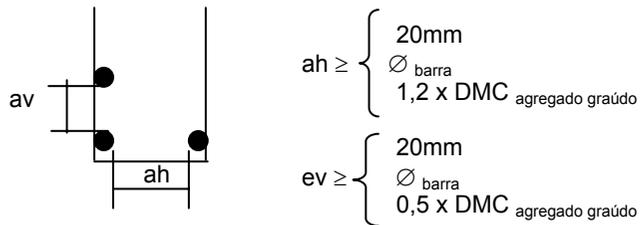
- para lajes armadas em 2 direções ($0,5 \leq \lambda \leq 2$)
ferros positivos \Rightarrow dist. máx. 20 cm
- para lajes armadas em 1 direção ($\lambda > 2$)
ferros positivos \Rightarrow dist. máx.: 20 cm ou $2 \times h_{\text{laje}}$
- para ferros de distribuição esp. $\leq 33\text{ cm}$

VIGA

- largura $\geq 12\text{cm}$.
- para $h > 60\text{ cm}$ usar armadura de pele ($d_{\text{máx}} \leq 20\text{cm}$)
- $\varnothing_{\text{barra estribo}} \geq 5.0\text{ mm}$



Espaçamento entre armadura longitudinal



PILAR

aço longitudinal $\varnothing_{\text{barra}} \geq 10.0\text{ mm}$ e $\leq 1/8$ da menor dimensão transversal.

$$\varnothing_{\text{barra estribo}} \geq \begin{cases} 5.0\text{ mm} \\ \frac{1}{4} \varnothing_{\text{longitudinal}} \end{cases}$$

distancia entre aço longitudinal: máximo: 400mm

mínimo $\begin{cases} 20\text{mm} \\ \varnothing_{\text{longitudinal}} \\ 1,2 \times \text{DMC}_{\text{agregado graúdo}} \end{cases}$

Diâmetro dos estribos $\geq 5\text{ cm}$ e $\frac{1}{4}$ do $\varnothing_{\text{aço longitudinal}}$

distância entre estribos: máxima $\begin{cases} L_{\text{menor do pilar}} \\ 200\text{mm} \\ 24 \times \varnothing_{\text{aço}} \text{ para CA25, } 12 \times \varnothing_{\text{aço}} \text{ para CA50} \end{cases}$

seção de aço mínima ($A_s, \text{mín}$): $0,004 \times$ seção de concreto
máxima ($A_s, \text{máx}$): $8\% \times$ seção de concreto (A_c)

3 FORMAS E ESCORAMENTOS - EXECUÇÃO

Formas são peças de madeira ou outro material usadas para que o concreto adquira a forma projetada.

A garantia de que uma estrutura ou qualquer peça da construção seja executada fielmente de acordo com o projeto e tenha a forma correta depende da exatidão e rigidez das formas e escoramentos.

As formas devem ser dimensionadas de modo que não possam sofrer deformações prejudiciais.

O escoramento deverá ser projetado de modo a não sofrer sob a ação de seu peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da concretagem.

Deve haver dispositivos para retirada das formas com facilidade para a estrutura não sofrer choques.

Antes do lançamento de concreto deverão ser conferidas as medidas e a posição das formas.

Deve-se fazer a limpeza do interior das formas, vedação de juntas (evitar fuga de pasta). As formas absorventes deverão ser molhadas até a saturação.

Quando se utilizar produtos anti-aderentes (desmoldantes) para facilitar a retirada das formas, deve-se aplicá-lo antes da colocação da ferragem nas formas.

O aço a ser usado na obra deve ser o especificado no projeto. Deve-se limpar o aço para retirar qualquer material prejudicial à sua aderência com concreto.

O corte, dobramento e emendas deverão ser feitas de acordo com o projeto.

A armadura deve ser colocada no interior das formas, de modo que, durante o lançamento do concreto se mantenha na posição indicada no projeto e seja assegurada sua proteção do meio externo.

Nas lajes, a amarração das barras deve ser feita de modo que não exceda em 35 cm.

O dimensionamento das formas e escoramentos devem obedecer às prescrições das NBR 7190 (Estruturas de madeira) e NBR 8800 (Estruturas de aço).

Pontaletes de madeira devem ter diâmetro (ou menor lado de seção) igual ou maior que 5 cm para madeiras duras e 7 cm para madeiras moles. Os pontaletes com mais de 3 metros devem ser contra-ventados. Só poderá haver uma emenda nos pontaletes e não deverá ser feita no 1/3 médio do seu comprimento.

3.2 FABRICAÇÃO DA FORMA

A principal função de um sistema de formas é condicionar a geometria da estrutura acabada a certas tolerâncias dimensionais, de modo a não causar interferências ou danos a etapas subsequentes da construção, como alvenaria e revestimentos. O sistema deve ter características estruturais (resistência e estabilidade) e funcionar como um equipamento, oferecendo praticidade, durabilidade, funcionalidade, custo operacional e de manutenção baixos.

A forma pode ser feita na obra ou em centrais de serviço especializado fora da obra. Os materiais mais usados são madeira, chapas compensadas de madeira, chapas metálicas, plásticos.

Atualmente com a alta velocidade das obras, permitida por concretos mais resistentes e menos deformáveis necessita de fôrmas, que levem em consideração: a preocupação com o meio ambiente, a quantidade de reaproveitamentos, a qualidade no acabamento do concreto, a praticidade na hora de montar e desmontar.

FORMA DE MADEIRA – usa mão de obra com treinamento fácil, uso de equipamentos não complexos (serra circular, serra manual, furadeira, martelo, etc.). Tem boa resistência ao impacto, é de fácil transporte e manuseio. A madeira pode ser reutilizada. Porém tem baixa durabilidade, baixa resistência a emendas e ligações e é inflamável. As formas podem ser feitas de tábuas de pinho, cedro, jatobá ou madeira disponível na região, além das chapas de madeira compensada (madeirit) de dois tipos: resinada e plastificada.

FORMA METÁLICA – chapas metálicas de diversas espessuras de acordo com dimensões dos elementos a concretar e os esforços que devem resistir. São indicados para fabricação de elementos de concreto pré-fabricado. Os escoramentos e travamentos das formas também podem ser feitos com material metálico, possuem alta durabilidade, flexibilidade na forma geométrica e necessitam mão de obra treinada.

FORMA MISTA – composta de elementos de madeira e metálicos.

3.3 FABRICAÇÃO DA FORMA NA OBRA

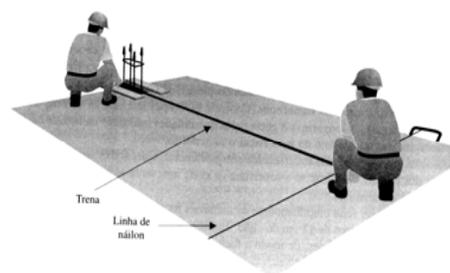
Cortar e estruturar os painéis conforme o projeto na bancada de carpinteiro. As superfícies de corte devem ser planas e lisas. Identificar os painéis com a numeração prevista no projeto. Estocar os painéis em área limpa, arejada e protegida da ação do sol e da chuva. Em caso de uso de formas prontas deve-se ter o acompanhamento pelo fabricante na montagem das mesmas.

3.4 MONTAGEM DA FORMA NA OBRA

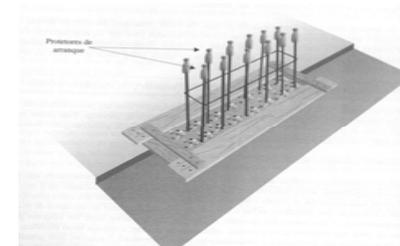
O local deve estar limpo. Os eixos principais da obra devem ser transferidos para o local em questão. O nível de referência deve ser transferido para a laje. Em geral este ponto é marcado a uma altura de 1,0 a 1,1m ou no caso da 1ª laje é transferido a partir do RN da obra.

Os eixos de referência e galgalhos da obra são marcados no dia seguinte à concretagem da laje. Montar as faces laterais dos pilares nos galgalhos conferindo o esquadro. Nivelar as faces montadas. Verificar o prumo e as escoras. Travar a forma com os tensores. E a partir das cabeças das formas dos

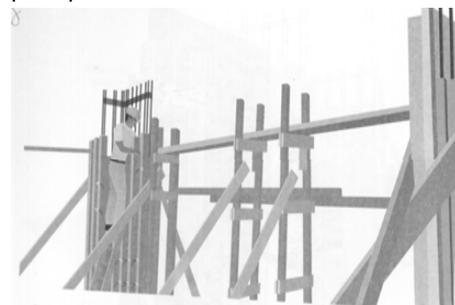
pilares começar a colocação da forma de fundo das vigas. Nivelar o fundo das vigas e posicionar os garfos e em seguida os painéis laterais das vigas. Preguar guia na lateral da viga que servirá de apoio para o assoalho da laje. Posicionar as guias e escoras da laje. Lançar o assoalho da laje. Fixar na laje gabarito para furação de pontos e passagem para instalação elétrica e hidrossanitária.



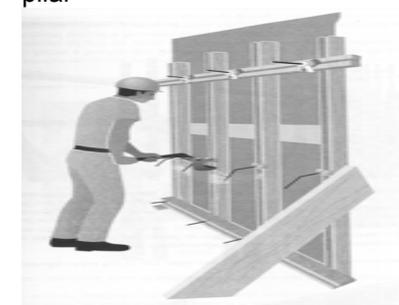
Locação dos galgalhos a partir dos eixos principais



Galgalhos para posicionamento de pilar



Posicionamento de fundo de vigas



Travamento da forma do pilar



Painel de forma de parede



Forma em túnel

3.5 PRAZOS PARA RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS

A retirada das formas e do escoramento só poderá ser feita quando o concreto se achar suficientemente endurecido e deve seguir o plano de desforma previamente estabelecido de maneira a não comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura. Pode-se adotar como uma referência os seguintes prazos para:

- desforma de faces laterais: 03 dias
- desforma de faces inferiores, deixando-se pontaletes bem encunhados e convenientemente espaçados: 14 dias
- desforma de faces inferiores sem pontaletes: 21 dias

Os apoios devem ser retirados gradualmente, de modo que a peça entre em carga progressivamente e de forma uniforme.

Deve-se retirar as formas progressivamente e com cuidado, sem choques ou o uso de ferramentas que danifiquem a superfície do concreto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – Guia básico de utilização de cimento Portland. São Paulo. 1994.
- ABCP - Guia de construções rurais à base de cimento nº02
- Concreto de cimento Portland – Orientações Básicas – Editora Holdercim Brasil S.A.. José Eduardo Kattar e Nilton Jorge Almeida. 2ª Edição. 1998
- Manual básico de concretagem. Concreto Engemix. Princípios básicos de concreto dosado em central. S.P.
- Associação brasileira das empresas de serviço de concretagem . Dicas ABESC. Polimix. Editora Azul Publicidade.
- Apostila CEFETES-Vitória. Carpinteiro/armador/pedreiro.
- Notas de aula profª Alessandra Savazzini dos Reis. Coordenadoria Construção Civil. CEFETES UnED-Colatina. 2008.
- Notas de aula profª Georgia Serafim Araújo. Coordenadoria Construção Civil. CEFETES UnED-Colatina . 2003
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto armado-Procedimento. Rio de Janeiro. 2007.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 14931. Execução de estruturas de concreto-Procedimento. Rio de Janeiro. 2007.
- Normas ABNT.
- DE SOUZA, Roberto; MEKBEKIAN Geraldo. Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras. São Paulo. PINI. 1996.
- ISAIA, Geraldo Cechella. CONCRETO, ensino, pesquisa e realizações. Volume 1. São Paulo. PINI. 2005.792p.
- Site: [http://www.portaldoconcreto.com.br/index.php?pagina=.](http://www.portaldoconcreto.com.br/index.php?pagina=) Acesso em 21/07/2008.