

## **11 - DETALHES DE EXECUÇÃO EM OBRAS COM CONCRETO ARMADO**

---

APÓS ESTUDAR ESTE CAPÍTULO; VOCÊ DEVERÁ SER CAPAZ DE:

- Escolher os tipos de materiais ideais para execução de obras utilizando concreto armado;
- Especificar corretamente as fôrmas o ecoramento e o contraventamento;
- Especificar corretamente as armaduras bem como a sua posição;
- Especificar corretamente a concretagem e o adensamento;
- Especificar corretamente a cura e a desforma.

Sabemos que apesar da grande evolução na tecnologia do concreto, nas obras de pequeno e médio porte não se consegue executar um concreto com todas as suas características, de resistência à compressão, pega, trabalhabilidade, perda ao fogo etc., o que fará com que as construções sejam prejudicadas quanto a durabilidade, estabilidade, funcionalidade das estruturas em concreto armado, devido sempre a problemas referentes a custos, e também por falta de tecnologia por parte de pequenos construtores.

Seriam óbvias as vantagens em economia propiciadas pela utilização de concreto de maior resistência, mas é importante frisar que grandes benefícios poderiam também ser obtidos no que concerne à durabilidade das estruturas, pois concretos mais fortes tem também, em geral, maior resistência à abrasão e baixa permeabilidade.

No que se referem aos constituintes da mistura os pontos-chaves são o fator água-cimento, consumo de cimento e resistência. Atenção também deve ser dada às especificações sobre agregados, cimentos, aditivos e cuidado especial é recomendável quanto aos teores de cloretos e sulfatos no concreto.

Vamos abordar de modo prático alguns detalhes para uma boa execução de obras em concreto armado, ficando aqui em ressalva que qualquer problema em obra deverá ser bem estudado para se fornecer uma solução adequada, pois cada uma tem seus aspectos exclusivos e particulares.

### **11.1 - MATERIAIS EMPREGADOS EM CONCRETO ARMADO**

#### **11.1.1 Cimento**

O projeto deverá estabelecer os tipos de cimento adequados, tecnicamente e economicamente, a cada tipo de concreto, estrutura, método construtivo, ou mesmo, em relação aos materiais inertes disponíveis.

Exemplo de alguns tipos de cimento disponíveis no mercado brasileiro passíveis de emprego em aplicações específicas (Tabela 11.1):

**Tabela 11.1 – Cimentos disponíveis no mercado brasileiro (ABCP, 2003)**

<b>Tipos</b>	<b>Aplicações</b>
<b>1-Cimento Portland Comum (CP I) (NBR 5732)</b> a) CPI – Cimento Portland Comum b) CPI-S-Cimento Portland Comum com adição	a) CPI-Cimento Portland sem adição além da gipsita. É muito adequado para o uso em construções de concreto em geral quando não há exposição a sulfatos do solo ou de águas subterrâneas. b) CPI-S, com 5% de material pozolânico em massa, recomendado para construção em geral, com as mesmas características.
<b>2-Cimento Portland (CP II) (NBR 11578)</b> a) CII-E-composto com escória b) CII-Z-composto com pozolana c) CII-F-composto com filer	O cimento Portland composto é modificado. Gera calor numa velocidade menor do que o gerado pelo cimento Portland comum. Seu uso, portanto, é mais indicado em lançamentos de concreto, onde o volume é grande. Apresenta menor resistência ao ataque de sulfatos contidos no solo. a) CII-E-Com adição de escória granulada de alto forno. Este cimento combina com bons o baixo calor de hidratação com o aumento de resistência do cimento Portland comum. Recomendado para estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento ou que possam ser atacados por sulfatos. b) CII-Z-Com adição de material pozolânico. Empregado em obras civis em geral, subterrâneas, marítimas e industriais. O concreto feito com esse produto é mais impermeável e por isso mais durável. c) CII-F-Com adição de filer. Para aplicações gerais
<b>3-Cimento Portland de Alto-Forno (CP III) (NBR 5735)</b>	Adicionado com escória, apresenta maior impermeabilidade e durabilidade, além de baixo calor de hidratação, assim como alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado, além de ser resistente a sulfatos. Empregado em geral, mas é particularmente vantajoso em obras de concreto-massa, obras em ambientes agressivos, obras submersas, tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos, esgotos e efluentes industriais.
<b>4-Cimento Portland Pozolânico (CP IV) (NBR 5736)</b>	Para uso geral. É especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos. O concreto feito com esse produto se torna mais impermeável, mais durável, apresenta resistência mecânica superior. Favorece a sua aplicação em grandes volumes devido ao baixo calor de hidratação.
<b>5-Cimento Portland de Alta resistência inicial (CP V-ARI) (NBR 5733)</b>	É recomendada em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida
<b>6-Cimento Portland Resistente a Sulfatos CP (RS) (NBR 5737)</b>	Oferece resistência aos meios agressivos sulfatados como redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solo
<b>7-Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação. CP (BC) (NBR13116)</b>	O cimento Portland de baixo calor de hidratação, é designado por siglas e classes de seu tipo acrescidas de BC. Esse cimento tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica.
<b>8-Cimento Portland Branco CPB (NBR 12989)</b>	O cimento Portland branco se difere por coloração, e está classificado em dois subtipos: estrutural e não estrutural. O estrutural com classes de resistência de 25, 32 e 40, similares aos demais tipos de cimento.

O cimento, ao sair da fábrica acondicionado em sacos de várias folhas de papel impermeável, apresenta-se finamente pulverizado e praticamente seco, assim devendo ser conservado até o momento da sua utilização.

Quando o intervalo de tempo decorrido entre a fabricação e a utilização não é demasiado grande, a proteção oferecida e em geral, suficiente.

Caso contrário, precauções suplementares devem ser tomadas para que a integridade dos característicos iniciais do aglomerante seja preservada.

A principal causa da deterioração do cimento é a **umidade** que, por ele absorvida, hidrata-o pouco a pouco, reduzindo-lhe sensivelmente as suas características de aglomerante.

O cimento hidratado é facilmente reconhecível. Ao esfregá-lo entre os dedos sente-se que não está finamente pulverizado, constata-se mesmo, freqüentemente, a presença de torrões e pedras que caracterizam fases mais adiantadas de hidratação.

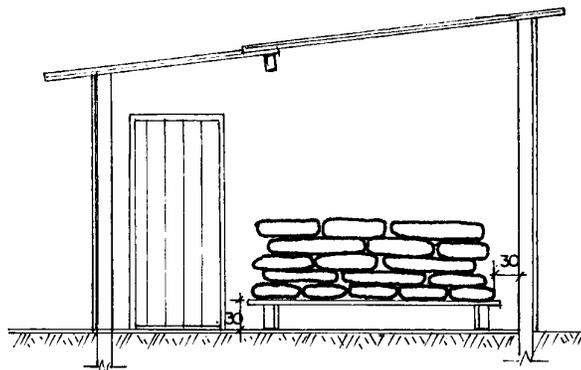
### **RECOMENDAÇÕES:**

O cimento sendo fornecido em sacos deve-se verificar sua integridade, não aceitando os que estiverem rasgados ou úmidos. Os sacos que contém cimento parcialmente hidratado, isto é, com formação de grumos que não são total e facilmente desfeitos com leve pressão dos dedos, não devem ser aceitos para utilização em concreto estrutural.

Para armazenar cimento é preciso, em primeiro lugar, preservá-lo, tanto quanto possível, de ambientes úmidos e em segundo, não ser estocado em pilhas de alturas excessivas, pois o cimento ainda é possível de hidratar-se (Figura 11.1). É que ele nunca se apresenta completamente seco e a pressão elevada a que ficam sujeitos os sacos das camadas inferiores reduz os vazios, forçando um contato mais intenso entre as partículas do aglomerante e a umidade existente chegando a empedrar. O empedramento às vezes é superficial, se o saco de cimento for tombado sobre uma superfície dura e voltar a se afofar, ou se for possível esfarelar os torrões com os dedos, o cimento deste saco pode ser utilizado. Caso contrário, ainda se pode tentar aproveitar o cimento utilizando em aplicações de menor responsabilidade como pisos, calçada, lastros etc. depois de peneirado em peneira com malha de 5 mm (peneira de feijão), mas não deve ser utilizado em peças estruturais.

Portanto para evitar essas duas principais causas de deterioração do cimento é aconselhável:

- 1º - As pilhas não excederem de mais de 10 sacos, salvo se o tempo de armazenamento for no máximo 15 dias, caso em que pode atingir 15 sacos.
- 2º - As pilhas devem ser feitas a 30 cm do piso sobre estrado de madeira e a 30 cm das paredes e 50 cm do teto (Figura 11.2).



**Figura 11.1 - Local para guarda de materiais**

Os lotes recebidos em épocas diferentes e diversas não podem ser misturados, mas devem ser colocados separadamente de maneira a facilitar sua inspeção e seu emprego na ordem cronológica de recebimento. Devem-se tomar cuidados especiais no armazenamento utilizando cimento de marcas, tipos e classes diferentes. O tempo de estocagem do cimento pode ser prolongado tomando todos os cuidados na estocagem (podendo atingir até 90 dias) mais em obra não devemos ultrapassar 30 dias.

A capacidade total armazenada deve ser suficiente para garantir as concretagens em um período de produção máxima, sem reabastecimento.

### **11.1.2 Agregados miúdo e graúdos**

Devemos tomar o cuidado para que em nossas obras não se receba agregados com grande variabilidade, algumas vezes por motivo de abastecimento ou econômico, daqueles inicialmente escolhidos.

Esta variabilidade prejudica a homogeneidade e características mecânicas do concreto.

Se recebermos, com granulometria mais fina que o material usado na dosagem inicial, necessitará uma maior quantidade de água para mantermos a mesma trabalhabilidade e, conseqüentemente, haverá uma redução na resistência mecânica. Se ocorrer o inverso haverá um excesso de água para a mesma trabalhabilidade, aumentando a resistência pela diminuição do fator água/cimento, o qual será desnecessário, pois torna-se antieconômico, além de provocar uma redução de finos, que prejudicará sua coesão e capacidade de reter água em seu interior, provocando exudação do mesmo.

#### **RECOMENDAÇÕES:**

Deve-se ao chegar os agregados, verificar a procedência, a quantidade, e o local de armazenamento e devem estar praticamente isentos de materiais orgânicos como humus, etc. e também, siltes, carvão.

Quando da aprovação de jazida para fornecer agregados para concreto devemos ter conhecimento de resultados dos seguintes ensaios e/ou análises:

- reatividade aos álcalis do cimento (álcali-sílica, álcali-silicato, álcali-carbonato);
- estabilidade do material frente a variações de temperatura e umidade;
- análise petrográfica e mineralógica;
- presença de impurezas ou materiais deletéricos;
- resistência à abrasão;
  - absorção do material

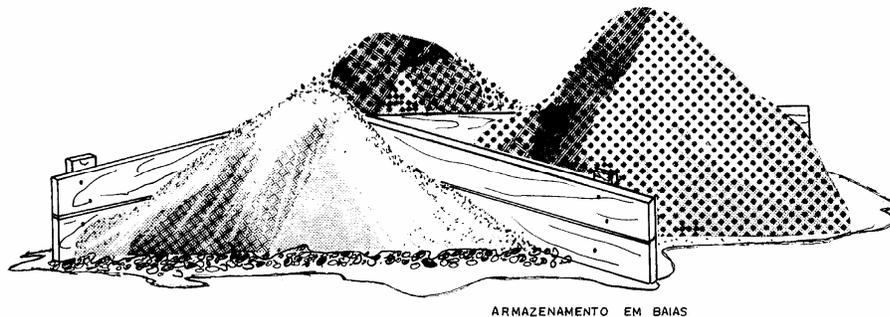
No entanto, no caso de obras de pequeno porte, é praticamente inviável a execução de tais ensaios e análises. Neste caso, deve-se optar pelo uso de material já consagrado no local ou pela adoção de medidas preventivas, em casos específicos (uso de material pozolânicos, por exemplo).

Para evitarmos a variabilidade dos agregados devemos esclarecer junto aos fornecedores a qualidade desejada e solicitar rigoroso cumprimento no fornecimento.

Para o armazenamento dos agregados poderemos fazê-lo em baias com tapumes laterais de madeira (Figura 11.2) ou em pilhas separadas, evitando a mistura de agregados de diferentes dimensões. Deveremos fazer uma inclinação no solo, para que a água escoar no sentido inverso da retirada dos agregados, e colocar uma camada com aproximadamente 10 cm de brita, 1 e 2 para possibilitar a drenagem do excesso de água.

Recomenda-se que as alturas máximas de armazenamento sejam de 1,50m, diminuindo-se o gradiente de umidade, principalmente nas areias e pedriscos, evitando-se constantes correções na quantidade de água lançado ao concreto.

Estando a areia com elevada saturação, deve-se ter o cuidado de verificar no lançamento do material na betoneira, se parte da mesma não ficou retida nas caixas ou latas, pedindo que seja bem batida para a sua total liberação.



**Figura 11.2 - Baias de madeira para separar os agregados**

### **11.1.3 - Água**

A resistência mecânica do concreto poderá ser reduzida, se a água utilizada no amassamento conter substâncias nocivas em quantidades prejudiciais.

Portanto, a água destinada ao amassamento deverá ser as água potáveis.

Do ponto de vista da durabilidade dos concretos, o emprego de águas não potáveis no amassamento do concreto pode criar problemas a curto ou longo prazo.

Se, para o concreto simples, o uso de águas contendo impurezas, dentro de certos limites, pode não trazer conseqüências danosas, o mesmo não ocorre com o concreto armado, onde a existência de cloretos pode ocasionar corrosão das armaduras, além de manchas e eflorescências superficiais.

### **11.1.4 - Armaduras**

Os problemas existentes com as barras de aço é a possibilidade de corrosão em maior ou menor grau de intensidade, em função de meio ambiente existente na região da obra, o que provoca a diminuição da aderência ao concreto armado e diminuição de seção das barras.

No primeiro caso, esta diminuição é provocada pela formação de uma película não aderente às barras de aço, impedindo o contato com o concreto. No segundo caso de diminuição de seção, o problema é de ordem estrutural, devendo ser criteriosamente avaliada a perda de seção da armadura.

## RECOMENDAÇÕES:

### **Meios fortemente agressivos** (regiões marítimas, ou altamente poluídas):

- Armazenar o menor tempo possível;
- Receber na obra as barras de aço já cortadas e dobradas, em pequenas quantidades;
- Armazenar as barras em galpões fechados e cobertos com lona plástica;
- Receber as armaduras já montadas;
- Pintar as barras com pasta de cimento de baixa consistência (avaliar a eficiência periodicamente).

### **Meios mediamente agressivos:**

- Armazenar as barras sobre travessas de madeira (Figura 11.4) de 30 cm de espessura, apoiadas em solo limpo de vegetação e protegido de pedra britada.
- Cobrir com lonas plásticas;
- Pintar as barras com pasta de cimento de baixa consistência.(avaliar a eficiência periodicamente);

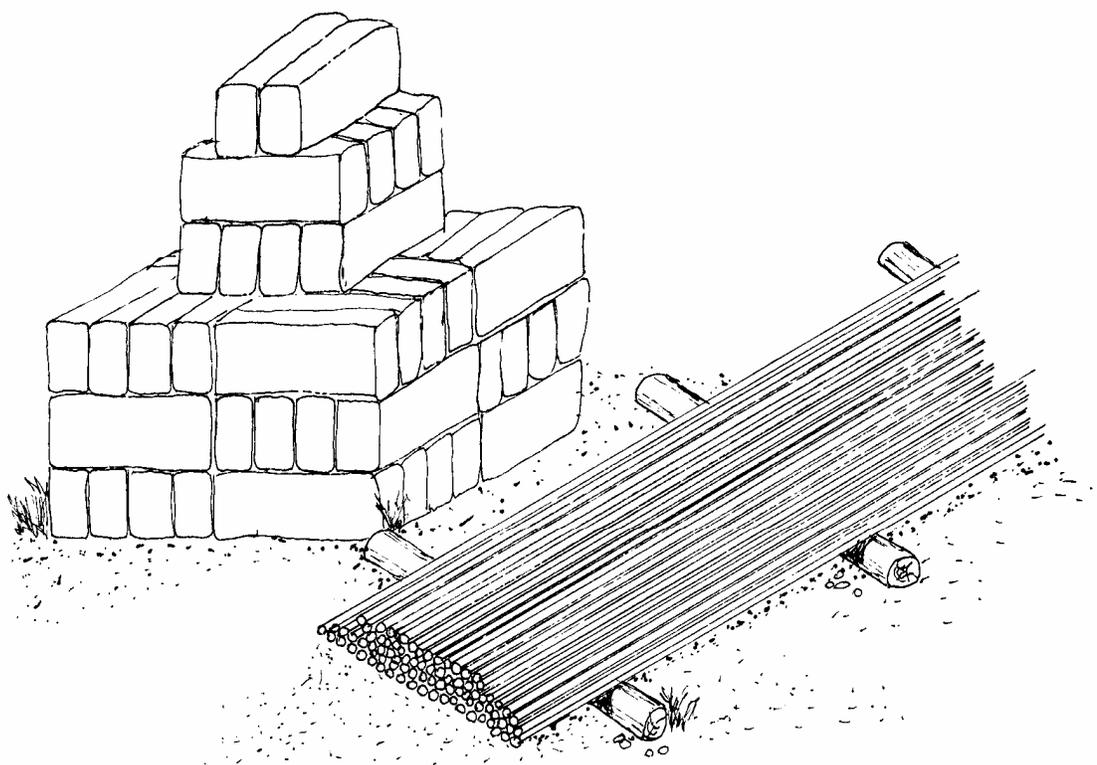
*Obs.: As barras que foram pintadas com camadas de cimento, para sua utilização na estrutura deverão ser removidas, a qual pode ser feito manualmente através de impacto de pedaço de barra de aço estriada e ajudar a limpeza através de fricção das mesmas.*

### **Meios pouco agressivos:**

- Armazenar as barras em travessas de madeira (Figura 11.3) de 20 cm de espessura, apoiadas em solo limpo de vegetação e protegido por camada de brita.

Para a limpeza das barras com corrosão devemos fazer em ordem de eficiência:

- jateamento de areia;
- limpeza manual com escova de aço;
- limpeza manual com saco de estopa úmido.



**Figura 11.3 - Armazenagem das barras de aço sobre travessas**

### **Tipos de aço:**

Os aços estruturais de fabricação nacional em uso no Brasil podem ser classificados em três grupos:

- Aços de dureza natural laminados a quente: utilizados há muito tempo no concreto armado. Nos dias de hoje possui saliências para aumentar a aderência do concreto.
- Aços encruados a frio: obtidos por tratamento a frio trabalho mecânico feito abaixo da zona crítica, os grãos permanecem deformados aumentando a resistência.
- Aços para concreto protendido: aços duros e pertencem ao grupo de aços usados para concreto protendido. Pode ser encontrado em fios isolados ou formando uma cordoalha.

No Brasil a indicação do aço utilizado no concreto armado é feita pelas letras CA (concreto armado) seguida de um número que caracteriza a tensão de escoamento em  $\text{kg/mm}^2$ . Os mais utilizados são o CA 25 e o CA 50 em barras, fabricados por laminação a quente, o CA 60 em fio, fabricado por trefilação ou processo equivalente (estiramento ou laminação a frio).

As barras são produtos de diâmetro nominal 5,0 ou superior e os fios aqueles de diâmetro nominal 10,0 ou inferior.

O comprimento normal das barras é de 11 m, com tolerância de mais ou menos 9%. E sua unidade é em milímetros (Tabela 11.2).

**Tabela 11.2 – Características de fios e barras NBR7480/1996**

Diâmetro Nominal (mm)		Massa e tolerância por unidade de comprimento (kg/m)					Valores nominais	
Fios	Barras	Massa Mínima -10%	Massa Mínima -6%	Massa nominal	Massa Máxima +6%	Massa Máxima +10%	Área da Seção (mm <sup>2</sup> )	Perímetro (mm)
2,4	-	-	0,034	0,036	0,038		4,5	7,5
3,4	-	-	0,067	0,072	0,075		9,1	10,4
3,8	-	-	0,084	0,089	0,094		11,3	11,9
4,2	-	-	0,102	0,109	0,115		13,9	13,2
4,6	-	-	0,123	0,130	0,137		16,6	14,5
5,0	5,0	0,193	0,145	0,154	0,163	0,169	19,6	17,3
5,5	-	-	0,175	0,187	0,198		23,8	17,5
6,0	-	-	0,209	0,222	0,235		28,3	18,8
-	6,3	0,220	0,230	0,245	0,259	0,269	31,2	19,8
6,4	-	-	0,238	0,253	0,268		32,2	20,1
7,0	-	-	0,284	0,302	0,320		38,5	22,0
8,0	8,0	0,355	0,371	0,395	0,418	0,434	50,3	25,1
9,5	-	-	0,523	0,558	0,589		70,9	29,8
10,0	10,0	-	0,580	0,617	0,654		78,5	31,4
-	12,5	-	0,906	0,963	1,021		122,7	39,3
-	16,0	-	1,484	1,578	1,673		201,1	50,3
-	20,0	-	2,318	2,466	2,614		314,2	62,8
-	22,0	-	2,805	2,984	3,163		380,1	69,1
-	25,0	-	3,622	3,853	4,084		490,9	78,5
-	32,0	-	5,935	6,313	6,692		804,2	100,5
-	40,0	-	9,273	9,865	10,456		1256,6	125,7

Na compra de barras e fios de aço para concreto armado, o comprador deve no mínimo indicar:

- número da Norma;
- diâmetro nominal e categoria da barra ou fio;
- quantidade, em toneladas;
- comprimento e sua tolerância;
- embalagem (feixe, feixe dobrado, rolo)

## 11.2 – SISTEMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS CONVENCIONAIS

Para se ter a garantia de que uma estrutura ou qualquer peça de concreto armado seja executada fielmente ao projeto e tenha a forma correta, depende da exatidão e rigidez das fôrmas e de seus escoramentos.

Geralmente as fôrmas têm a sua execução atribuída aos mestres de obra ou encarregados de carpintaria, estes procedimentos resultam em consumo intenso de materiais e mão-de-obra, fazendo um serviço empírico, as fôrmas podem ficar superdimensionadas ou subdimensionadas. Hoje existe um grande elenco de alternativas para confecção de fôrmas, estudadas e projetadas, para todos os tipos de obras.

As fôrmas podem variar cerca de 40% do custo total das estruturas de concreto armado. Considerando que a estrutura representa em média 20% do custo total de um edifício, concluímos que racionalizar ou otimizar a fôrma corresponde a 8% do custo de construção.

Nessa análise, estamos considerando os custos diretos, existem os chamados indiretos, que podem alcançar níveis representativos. No ciclo de execução da estrutura (forma, armação e concreto), o item forma é geralmente, o caminho crítico, responsável por cerca de 50% do prazo de execução do empreendimento. Portanto, o seu ritmo estabelece o ritmo das demais atividades e, eventuais atrasos. A forma é responsável por 60% das horas-homem gastas para execução da estrutura os outros 40% para atividade de armação e concretagem. Portanto devemos satisfazer alguns requisitos para a sua perfeita execução, que são:

- a) Devem ser executadas rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas no projeto, e ter a resistência necessária.
- b) Devem ser praticamente estanques.
- c) Deve ser projetado para serem utilizadas o maior número possível de vezes.

Na concretagem devemos tomar algumas precauções, em relação as fôrmas, para que a estrutura não seja prejudicada:

- a) Antes de concretar, as fôrmas devem ser limpas.
- b) Antes de concretar, as fôrmas devem ser molhadas até a saturação.
- c) Não colocar a agulha do vibrador entre a fôrma e as armaduras, isso pode danificar os painéis.

### **11.2.1 - Materiais e ferramentas**

As formas são fabricadas a partir de grande variedade de materiais, tendo como principal componente a madeira, ou podemos utilizar também o aço, alumínio plástico, papelão etc.

A escolha destes materiais é determinada em função de uma série de fatores:

- número de utilizações previstas;
- textura requerida da superfície do concreto;
- cargas atuantes;
- tipo de estrutura a ser moldada;
- custo dos componentes e mão-de-obra;
- equipamentos para transporte;
- cronograma da obra;
- investimento inicial, etc.

#### **a) Tábuas de madeira serrada:**

As tábuas mais utilizadas são o pinho de 2º e 3º, o cedrilho, timburi. e similares; sendo as bitolas comerciais mais comuns de: 2,5 x 30,0 cm ( 1" x 12 " ), 2,5 x 25,0 cm ( 1"x 10 " ), 2,5 x 20,0 cm ( 1" x 8" ).

As tábuas podem ser reduzidas a qualquer largura, desdobradas em sarrafos, dos quais os mais comuns são os de 2,5 x 15,0 cm; 2,5 x 10,0 cm; 2,5 x 7,0 cm; 2,5 x 5,00 cm.

Devem ter as seguintes qualidades:

- Elevado módulo de elasticidade e resistência razoável
- Não ser excessivamente dura
- Baixo custo

#### **b) Chapas de madeira compensada:**

A madeira compensada é o composto laminado transversal mais utilizado em aplicações estruturais. São compostas por diversas lâminas adjacentes com espessura entre 1 mm e 5 mm, coladas por cola "branca" PVA, ou cola fenólica. As chapas coladas com cola fenólica são mais resistentes ao descolamento das lâminas quando submetidas à umidade.

As chapas de madeira compensada, mais usadas para fôrma, têm dimensões de 2,20 x 1,10 m e espessura que variam de 6,0; 10,0; 12,0mm.

As chapas têm acabamento resinado, para utilização em estruturas de concreto armado revestida, e acabamento plastificado, para utilização em estruturas de concreto armado aparente.

#### **c) Escoramentos :**

Podemos utilizar para escoramentos pontaletes de eucaliptos ou peças de peroba como os cibros 5,0 x 6,0 cm; 5,0 x 7,0 cm; 8,0 x 8,0 cm; as vigas 6,0 x 12,0cm e 6,0 x 16,0 cm, além dos escoramentos tubulares metálicos.

Quando os pontaletes forem apoiar no terreno, para evitar recalques, devemos colocar tábuas ou pranchas que deverão ser maiores quando mais fracos forem os terrenos, de modo que as cargas dos pontaletes sejam distribuídas numa área maior.

Prever cunhas duplas nos pés de todos os pontaletes para possibilitar uma desforma mais fácil, e nos vãos intermediários dos escoramentos, deve com certeza serem colocados, de modo a permitir a colocação das contra flechas.

Nos pontaletes com mais de 3,00m, prever travamentos horizontais e contravontamentos para evitar flambagem.

*Cuidado com emendas nos pontaletes !!!*

Cada pontalete de madeira só poderá ter uma emenda, a qual não pode ser feita no terço médio do seu comprimento. Nas emendas, os topos das duas peças devem ser planos e normais ao eixo comum. Devem, nestes casos, ser pregados sobre junta de sarrafos em toda a volta das emendas.

#### **d) Pregos:**

Os pregos obedecem as normas EB-73 e PB-58/ ABNT. A designação dos pregos com cabeça será por dois nºs. **a x b** .(Tabela 11.3)

**a** = refere ao diâmetro, é o nº do prego na Fiera Paris

ex: 15 = 2,4 mm 18 = 3,4 mm

**b** = representa o comprimento medido em "linhas" - 2,3 mm, unidade correspondente a 1/12 da polegada antiga.

**Tabela 11.3 - Dimensões dos pregos em "mm"**

NÚMERO	DIMENSÕES EM mm
5 X 5	1,0 X 11,50
15 X 15	2,4 X 33,90
15 X 18	2,4 X 40,68
15 X 21	2,4 X 47,46
16 X 18	2,7 X 40,68
16 X 21	2,7 X 47,46
16 X 24	2,7 X 54,24
17 X 21	3,0 X 47,46
17 X 24	3,0 X 54,24
17 X 27	3,0 X 61,02
17 X 30	3,0 X 67,80
18 X 24	3,4 X 54,24
18 X 27	3,4 X 61,02
18 X 30	3,4 X 67,80
18 X 36	3,4 X 81,14
19 X 27	3,9 X 61,02
19 X 33	3,9 X 74,53
19 X 39	3,9 X 88,14

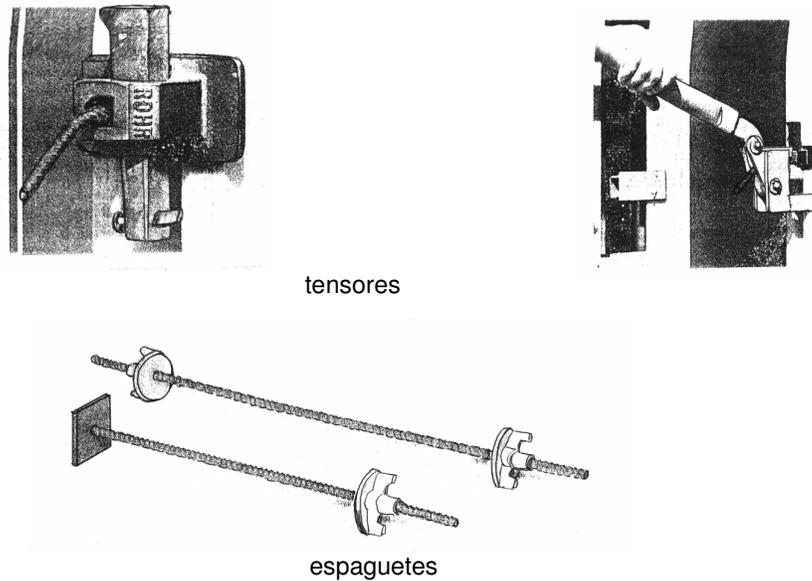
Os pregos mais utilizados para a execução das fôrmas são:

- Fôrmas de tábuas: 18 x 27  
19 x 36
- Fôrmas de chapas: 15 x 15  
18 x 27
- Escoramentos: 19 x 36  
18 x 27

O diâmetro deve ser escolhido entre 1/8 e 1/10 da espessura da peça de menor espessura.

#### **e) Tensores:**

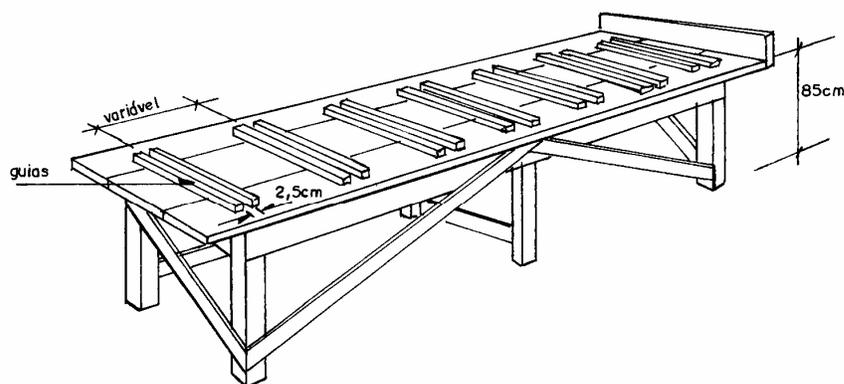
Os tensores são utilizados para conectar formas de pilares, vigas altas, painéis, suportando a pressão do concreto fresco. Normalmente são utilizados como tensores vergalhões de aço com partes soldadas, roscas e porcas ou acessórios especiais. Alguns tensores podem ser perdidos, sendo cortados após a desforma, outros podem ser removidos completamente e reutilizados (este sistema é o melhor) (Figura 11.4).



**Figura 11.4 - Modelos de tensores e espaguetes utilizados em fôrmas**

Devemos deixar os materiais em locais cobertos, protegidos do sol e da chuva. No manuseio das chapas compensadas deve-se tomar o cuidado para não danificar os bordos.

Para a execução das fôrmas além das ferramentas de uso do carpinteiro, como o martelo; serrote; lima; etc. se utiliza uma mesa de serra circular e uma bancada com gabarito para a montagem dos painéis (Figura 11.5).



**Figura 11.5 - Bancada com gabarito para montagem dos painéis das fôrmas**

A mesa de serra deve ter uma altura e todos os sistemas de proteção que permita proceder ao corte de uma seção de uma só vez. As dimensões da mesa de serra devem ser coerentes com as dimensões das peças a serrar, e ainda é de

grande importância adotar um disco de serra com dentes compatíveis com o corte a ser feito (Figura 11.6).



**Figura 11.6 - Tipos de disco para corte de tábuas e chapas compensadas**

### **11.2.2 - Peças utilizadas na execução das fôrmas:**

São dados diversos nomes às peças que compõem as fôrmas e seus escoramentos as mais comuns são:

1 - **PAINÉIS**: Superfícies planas, formadas por tábuas ou chapas, etc. Os painéis formam os pisos das lajes e as faces das vigas, pilares, paredes.

2 - **TRAVESSAS**: Peças de ligações das tábuas ou chapas, dos painéis de vigas, pilares, paredes, geralmente feitas de sarrafos ou caibros.

3 - **TRAVESSÕES**: Peças de suporte empregados somente nos escoramentos dos painéis de lajes, geralmente feitas de sarrafos ou caibros.

4 - **GUIAS**: Peças de suporte dos travessões. Geralmente feitas de caibros ou tábuas trabalhando a cutelo ( espelho ), no caso de utilizar tábuas, os travessões são suprimidos.

5 - **FACES**: Painéis que formam os lados das fôrmas das vigas.

6 - **FUNDO DAS VIGAS**: Painéis que forma a parte inferior das vigas.

7 - **TRAVESSAS DE APOIO**: Peças fixadas sobre as travessas verticais das faces da viga, destinadas ao apoio dos painéis de lajes e das peças de suporte dos painéis de laje (travessões e guias).

8 - **CANTONEIRAS**: Peças triangulares pregadas nos ângulos internos das fôrmas.

9 - **GRAVATAS**: Peças que ligam os painéis das formas dos pilares, colunas e vigas.

10 - **MONTANTES**: Peças destinadas a reforçar as gravatas dos pilares.

11 - **PÉS- DIREITOS**: Suportes das fôrmas das lajes. Geralmente feitos a de caibros ou varas de eucaliptos.

12 - **PONTALETES**: Suportes das fôrmas das vigas. Geralmente feitos de caibros ou varas de eucaliptos.

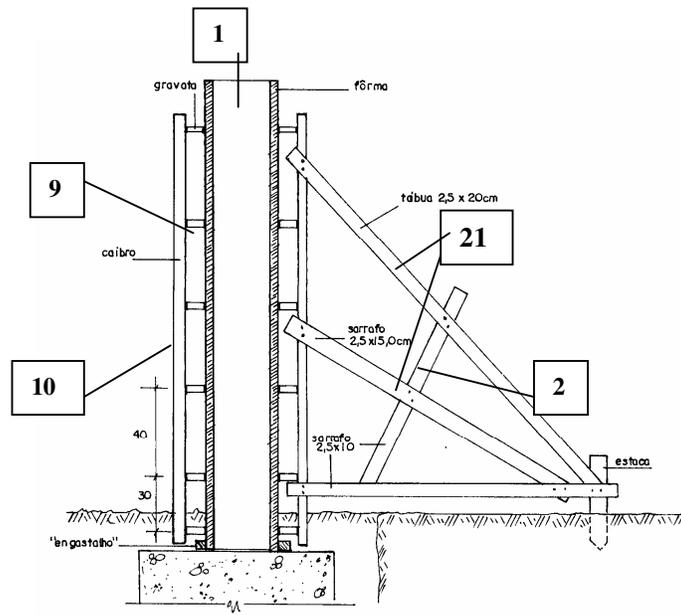
- 13 - *ESCORAS* (mãos - francesas): Peças inclinadas, trabalhando a compressão.
- 14 - *CHAPUZES*: Pequenas peças feitas de sarrafos, geralmente empregadas como suporte e reforço de pregação das peças de escoramento, ou como apoio extremo das escoras.
- 15 - *TALAS*: Peças idênticas aos chapuzes, destinadas à ligação e a emenda das peças de escoramento.
- 16 - *CUNHAS*: Peças prismáticas, geralmente usadas aos pares.
- 17 - *CALÇOS*: Peças de madeira os quais se apoiam os pontaletes e pés direitos por intermédio de cunhas.
- 18 - *ESPAÇADORES*: Peças destinadas a manter a distância interna entre os painéis das formas de paredes, fundações e vigas.
- 19 - *JANELAS*: Aberturas localizadas na base das fôrmas, destinadas a limpeza.
- 20 - *TRAVAMENTO*: Ligação transversal das peças de escoramento que trabalham a flambagem.
- 21 - *CONTRAVENTAMENTO*: Ligação destinada a evitar qualquer deslocamento das fôrmas. Consiste na ligação das fôrmas entre si.

### **11.2.3 - Detalhes de utilização:**

#### **a) - Nos Pilares**

Os pilares são formados por painéis verticais travados por gravatas. Quando os pilares forem concretados antes das vigas, para garantir o prumo, temos que prever contraventamentos em duas direções perpendiculares entre si (Figuras 11.7 e 11.8) os quais deverão estar bem apoiados no terreno em estacas firmemente batidas ou engastalhos nas bases, lajes etc... Devem ser bem fixados com pregos (18x27 ou 19x36) nas ligações com a fôrma e com os apoios (estacas ou engastalhos).

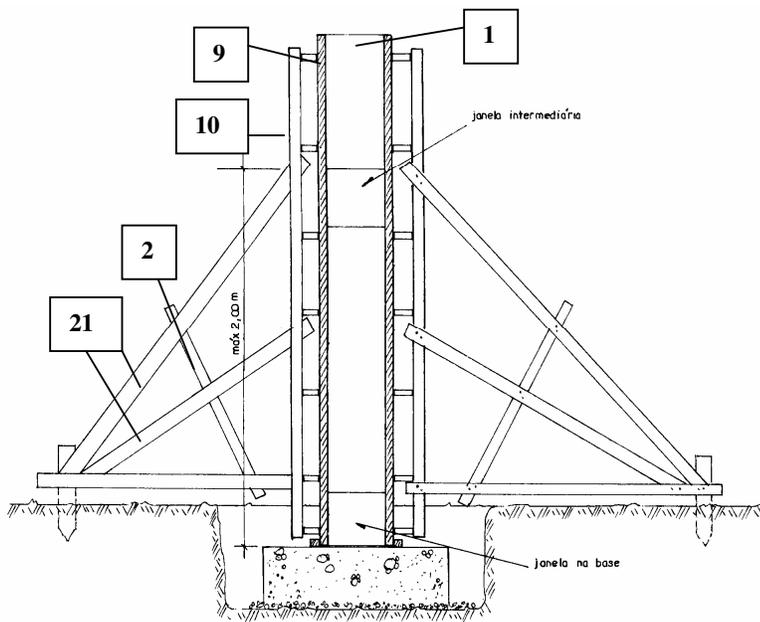
Em pilares altos, prever contraventamentos em dois ou mais pontos de altura, e nos casos de contraventamentos longos prever travessas com sarrafos para evitar flambagem (Figuras 11.7 e 11.8).



**Figura 11.7 - Detalhes do escoramento e contraventamentos em pilares**

Devemos colocar gravatas com dimensões proporcionais às alturas dos pilares para que possam resistir ao empuxo lateral do concreto fresco.

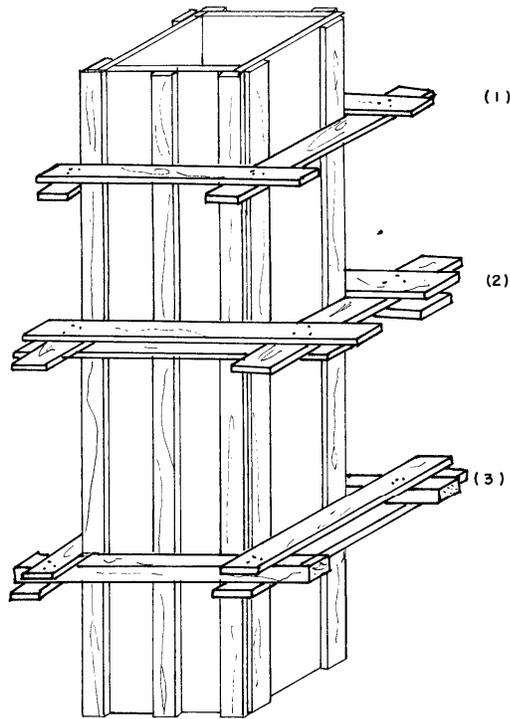
Na parte inferior dos pilares, as distância entre as gravatas devem ser máximo de 30 a 40 cm. Não devemos esquecer de deixar na base dos pilares uma janela para a limpeza e lavagem do fundo, bem como deixar janelas intermediárias, a cada 2,0m (Figura 11.8), para concretagem em etapas nos pilares altos. Esta janela tem a função de facilitar a vibração evitando a desagregação do concreto, responsável pela formação de vazios nas peças concretadas "bicheiras".



**Figura 11.8 - Detalhes do escoramento e contraventamentos em pilares bem como das janelas**

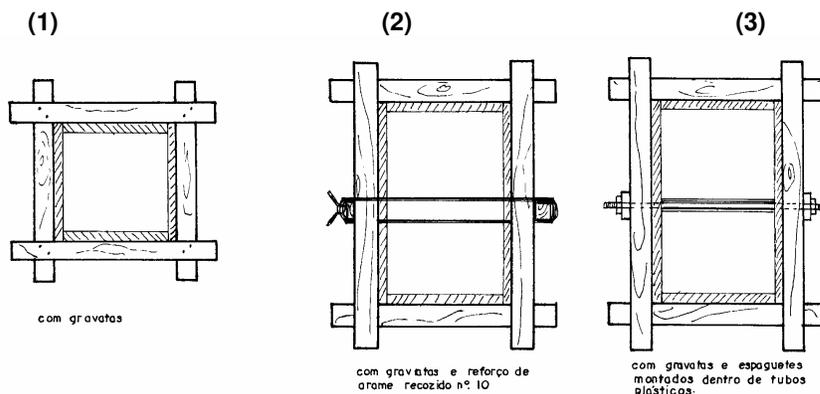
Tipos de gravatas usuais para o fechamento dos painéis dos pilares:

- *Tipo 1* = sarrafo simples, de 2,5 x 7,0 ou 10 cm
- *Tipo 2* = dois sarrafos de 2,5 x 7,0 ou 10 cm
- *Tipo 3* = caibro com dois sarrafos de 2,5 x 7,0 ou 10,0 cm



**Figura 11.9 - Tipos de gravatas utilizadas em pilares (Cardão.1969)**

Além das gravatas podemos reforçar as formas dos pilares com arame recozido nº12 ou nº 10 (seção 2), ou ainda com espaguetes, tensores, que podem ser introduzidas dentro de tubos plásticos para serem reaproveitados ( seção 3) (Figura 11.10).



**Figura 11.10 - Tipos de reforços em gravatas**

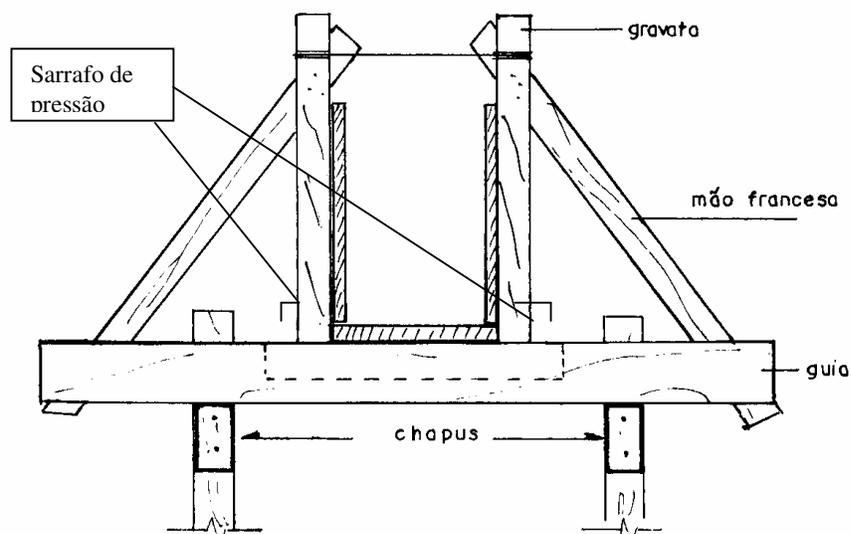
## b)-Nas vigas e lajes

As fôrmas das vigas são constituídas por painéis de fundo e painéis das faces firmemente travadas por gravata, mãos-francesas e sarrafos de pressão. Devemos certificar se as formas têm as amarrações, escoramentos e contraventamentos suficientes para não sofrerem deslocamentos ou deformações durante o lançamento do concreto. E verificarmos se as distâncias entre eixos (para o sistema convencional) são as seguintes:

- para as gravatas : 0,50, 0,60 a 0,80m
- para caibros horizontais das lajes : 0,50 m
- entre mestras ou até apoio nas vigas : 1,00 a 1,20m
- entre pontaletes das vigas e mestras das lajes : 1,00m

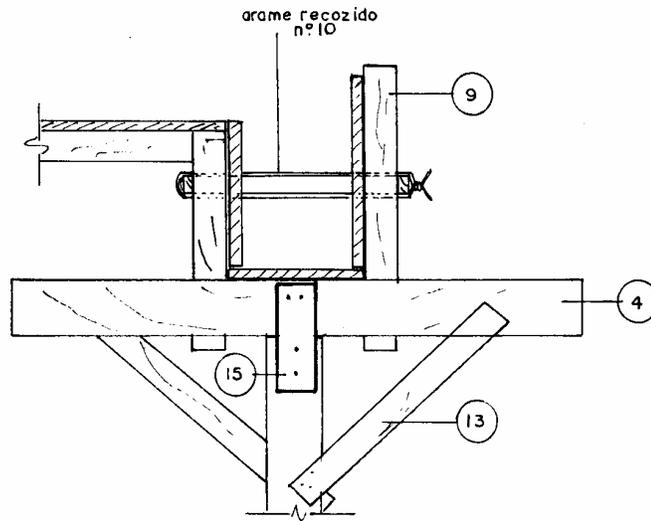
Nas fôrmas laterais das vigas, que não são travadas pelos painéis de laje, não é suficiente a colocação de gravatas ancoradas através do espaço interior das fôrmas com arame grosso (arame recozido nº 10), espaguetes ou tensores, principalmente nas vigas altas, é necessário prever também um bom escoramento lateral com as mãos francesas entre a parte superior da gravata e a travessa de apoio (Figura 11.11) ou contra o piso ou terreno, evitando as "barrigas" ou superfícies tortas.

Na base da forma e sobre as guias é importante pregar um sarrafo denominado "sarrafo de pressão", para evitar a abertura da forma (Figura 11.11).

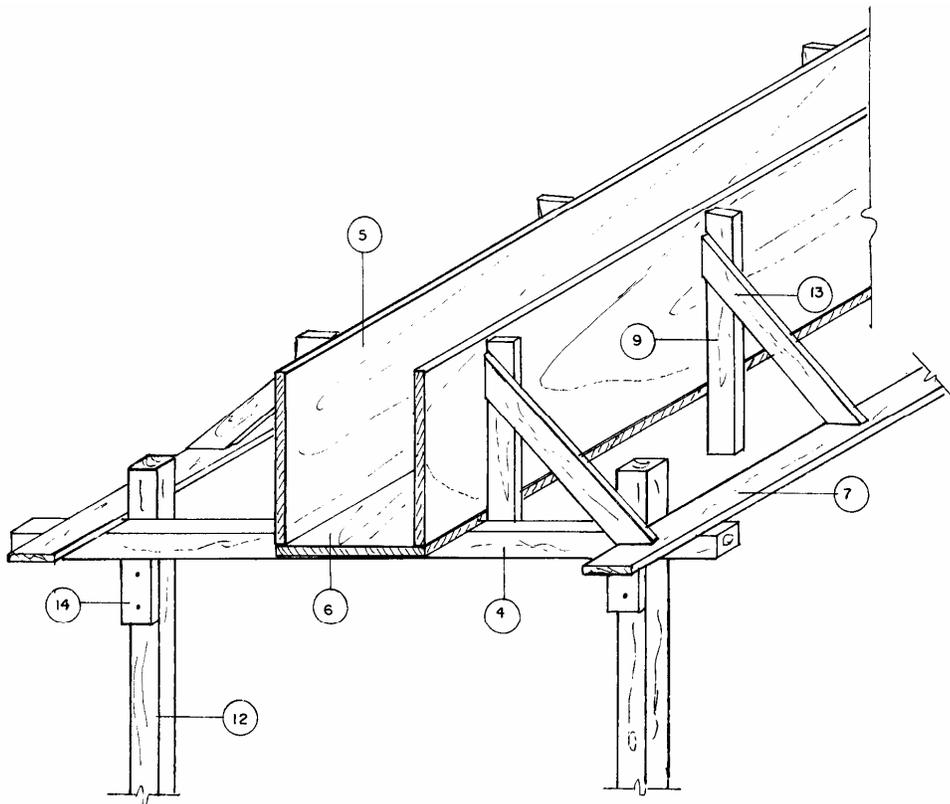


**Figura 11.11 - Detalhe de uma fôrma de viga**

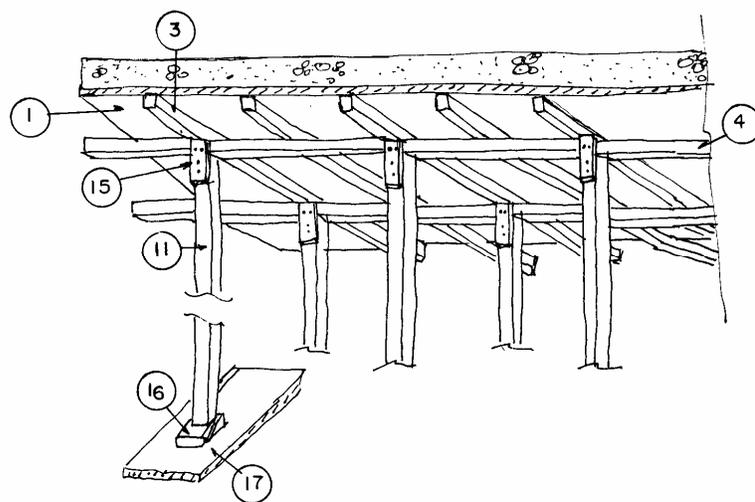
Outros tipos de fôrmas e escoramentos de vigas:



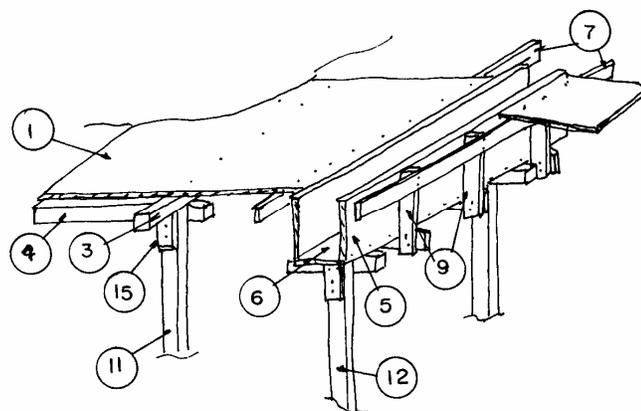
**Figura 11.12 - Detalhe de fôrma de vigas de pequena dimensão (Cardão, 1969)**



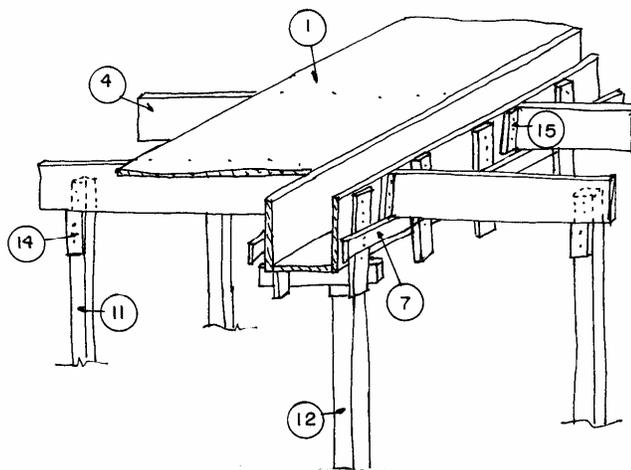
**Figura 11.13 - Detalhe da Fôrma das vigas sem sarrafo de pressão**



**Figura 11.14 - Detalhes da fôrma das lajes maciças**



**Figura 11.15a - Detalhes da fôrma das lajes maciças conjugado com vigas**

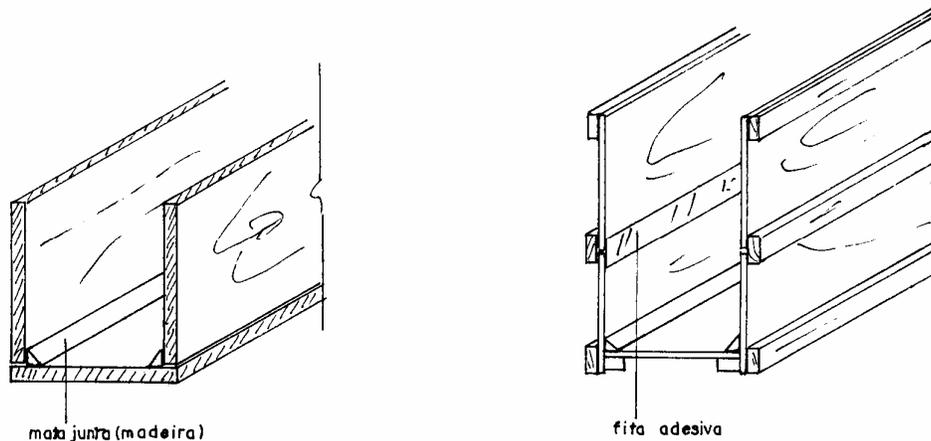


**Figura 11.15b - Detalhes da fôrma das lajes maciças conjugado com vigas**

#### 11.2.4 - Juntas das Fôrmas

As juntas das fôrmas devem ser fechadas para evitar o vazamento da nata de cimento que pode causar rebarbas ou vazios na superfície do concreto. Pode ser utilizada mata-juntas, fita adesiva e até mastiques elásticos (Figura 11.16).

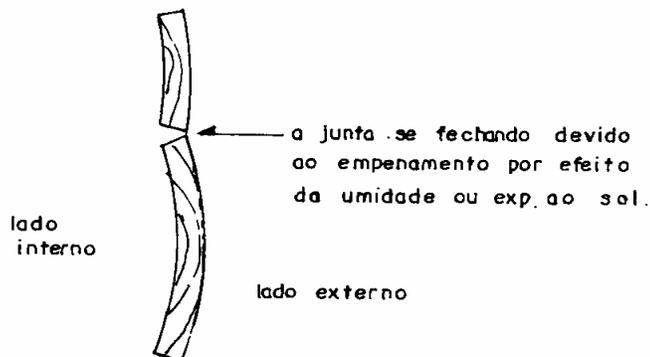
Devemos evitar o fechamento das juntas com papel de sacos de cimento ou de jornais, o que não é muito eficiente. Isso pode ocorrer principalmente em pequenas obras.



**Figura 11.16 - Fechamento das juntas de fôrma utilizando mata-juntas e fita adesiva**

#### **Recomendações:**

- Fazer o fechamento das juntas pouco antes da concretagem;
- Colocar as tábuas das formas com o lado do cerne voltado para dentro (Figura 11.17), para evitar que as juntas se abram.



**Figura 11.17 - Detalhe da fôrma utilizando tábuas**

### 11.2.5 - Sistema de forma leve

São sistemas em que se utiliza mão-de-obra manual, ou seja, não necessitando do emprego de equipamentos para o içamento das peças. São encontradas de tres maneiras:

- a) *Madeira* : o escoramento das vigas são executadas em madeira por sistema chamados de garfos ou H de viga, e as lajes formadas por escoras, longarinas e transversinas de madeira (Figura 11.18).
- b) *Misto* :É um sistema que utiliza escoramento metálico com finalidade de suporte de carga sendo a fôrma revestida com chapas de compesado e podem ser dimensionadas para uma pressão que pode chegar até  $60\text{k/m}^2$ . O peso próprio dessas formas variam de  $0,4$  a  $0,6\text{kN/m}^2$ , sendo sua aplicação feita manualmente, e somente se necessário, às vezes utiliza-se roldanas e corda para a subida vertical do equipamento (Figura 11.19).

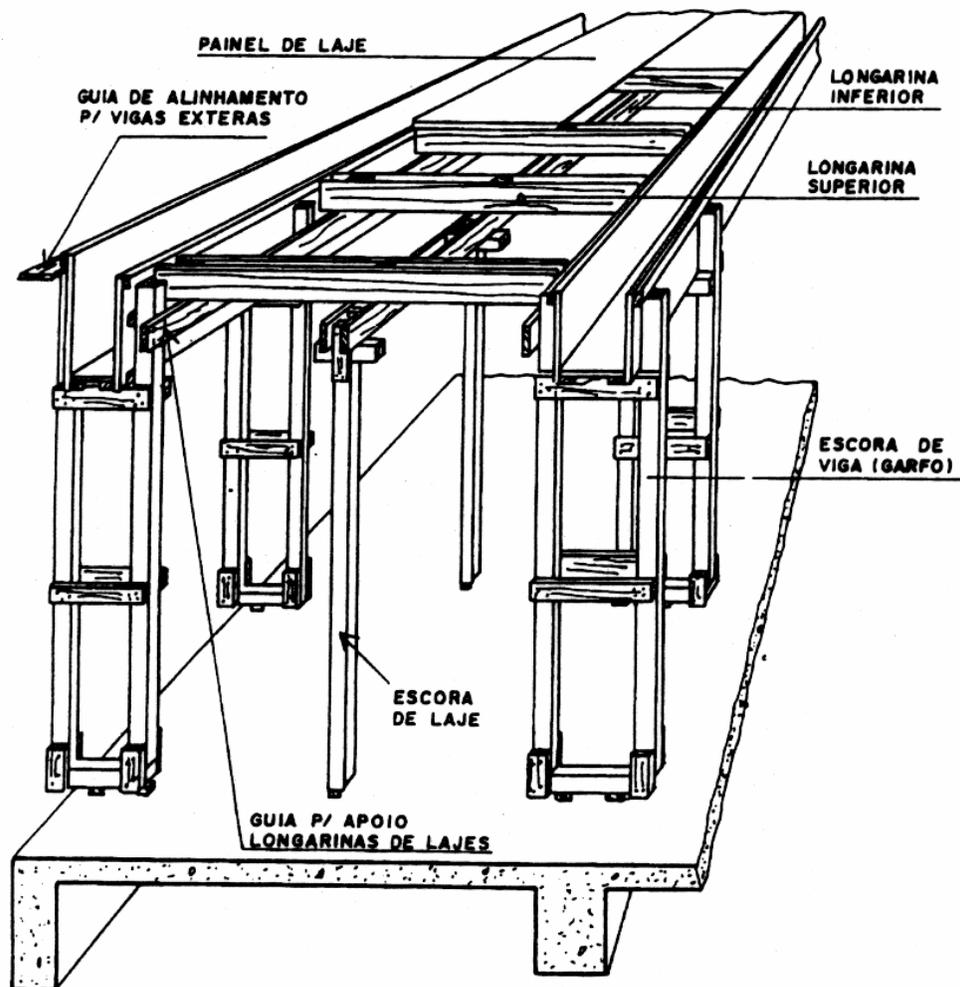
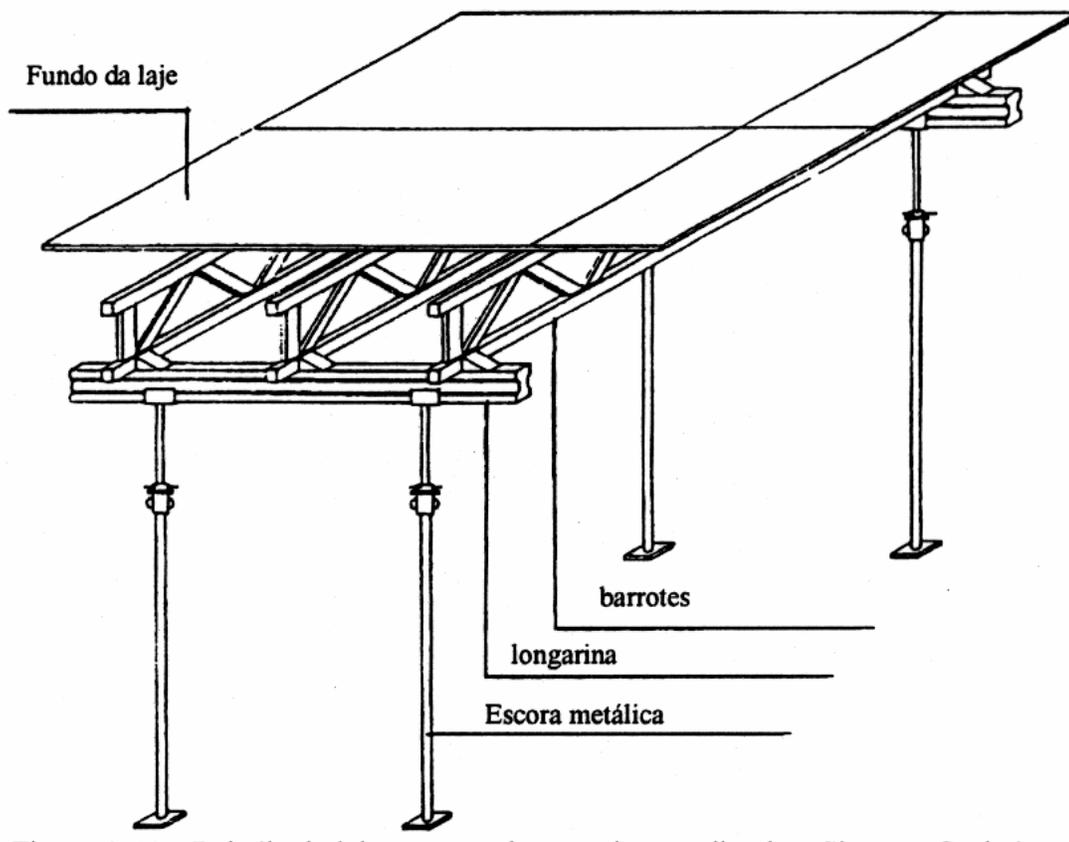


Figura 11.18 - Escoramento de madeira tipo "H"



**Figura 11.19 - Escoramento metálico**

- c) *Industrializado metálico*: São aqueles sistemas em que praticamente se utilizam elementos metálicos para fôrma e escoramento. compostos por painéis leves constituídos, geralmente, por uma estrutura de alumínio e compensado, forrando o painel. As fôrmas metálicas chegam a Ter um peso próprio de aproximadamente  $0,13\text{kN/m}^2$ , consistindo como bastante leves.

### 11.2.6 - Sistema médio de fôrmas

São sistemas que se utilizam equipamentos para o içamento dos painéis com a utilização, por exemplo, de grua ou guindaste.

Esses painéis são estruturados e a forma pesa em média de  $0,6$  a  $1,00\text{kN/m}^2$ . São utilizados compensados e vigas metálicas em aço ou alumínio

Os painéis estruturados tem grandes aplicações em obras-de-arte, barragens, reservatórios, paredes e núcleos de edificações.

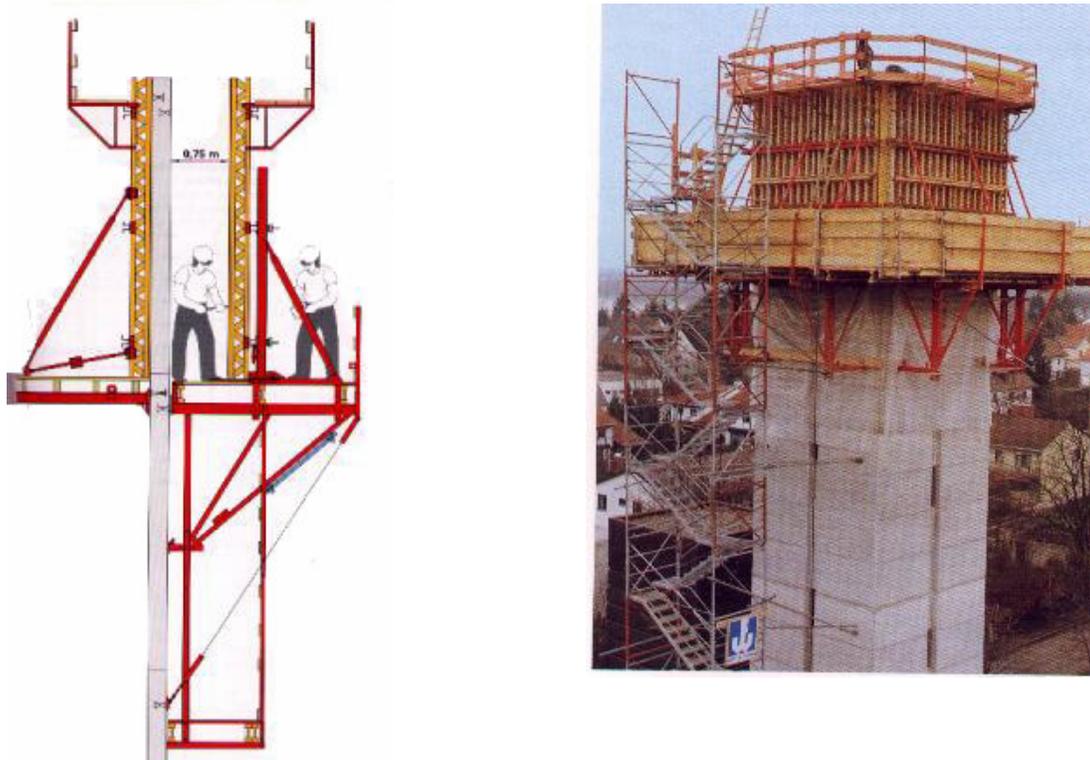
### 11.2.7 - Sistema pesado de fôrmas

São sistemas nos quais que se utilizam guias para o içamento da fôrma. Consiste essa modalidade de escoramento na utilização da chamada mesa voadora que é uma estrutura metálica forrada por compensado sobre vigas mistas em alumínio ou aço.

Essa estrutura fica apoiada sobre escoras ou treliças metálicas sob roldanas para a locomoção do sistema, para que, após a desforma, todo o conjunto seja levado à lateral da edificação e transportado por meio de grua para os pavimentos ou área de trabalho superiores ou próximos. As mesas voadoras pesam em média de 0,4 a 0,8 kN/m<sup>2</sup>. As principais aplicações desses sistemas são os muros, paredes, galerias e principalmente lajes.

### 11.2.8 - Sistema trepante e auto-trepante

São sistemas que com carro e cursor variável permitem deslocar a fôrma para frente e para trás na plataforma de trabalho, sem grua. Podem ser empregados em estruturas com mais de 100m de altura, sendo as fôrmas elevadas por comando hidráulicos.



**Figura 11.20 - Fôrma trepante**

### 11.2.9 - Sistema de fôrmas deslizante

São sistemas de fôrmas que deslizam verticalmente impulsionadas por macacos hidráulicos com aproximadamente 1,2 ton. de capacidade, sendo que a plataforma de trabalho dos operários sobe junto com a fôrma, o processo exige concretagem contínua. São de pequena altura, e apoiadas por barras de aço presas nas paredes de concreto (Figura 11.20).

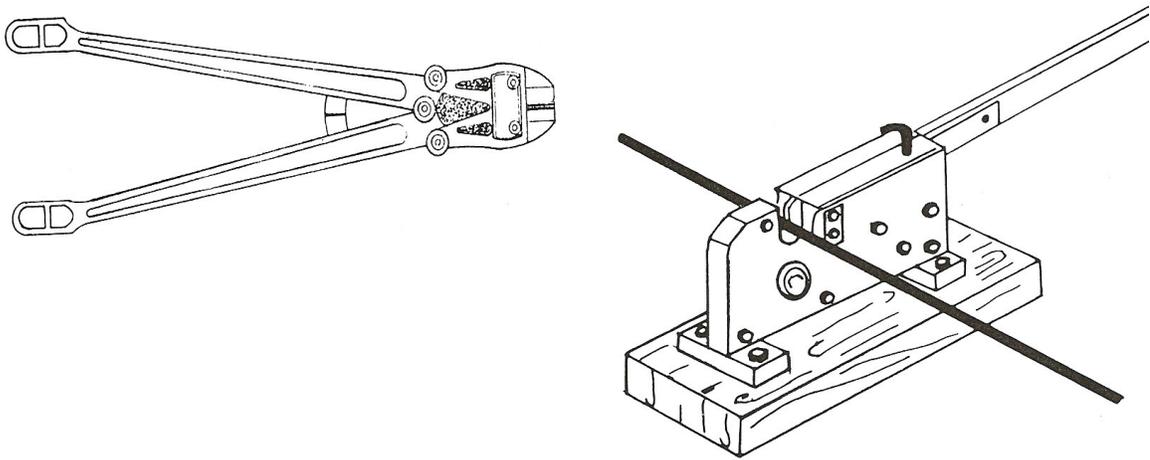
Esse sistema se aplica especialmente às obras verticais de reservatórios elevados, silos verticais, núcleos de prédios, poços de elevador e escadas, revestimentos de poços, grandes pilares, chaminés cilíndricas e torres para telecomunicações.

### 11.3 - RECOMENDAÇÕES QUANTO AO MANUSEIO E COLOCAÇÃO DAS BARRAS DE AÇO

#### 11.3.1 – Corte

O corte das barras de aço consiste em dividir uma barra na dimensão indicada no projeto, com o auxílio de ferramentas e máquinas apropriadas.

Podemos utilizar desde uma simples segueta (para pequenas bitolas), tesoura, máquina ou policorte de bancada (Figura 11.21).



Tesoura

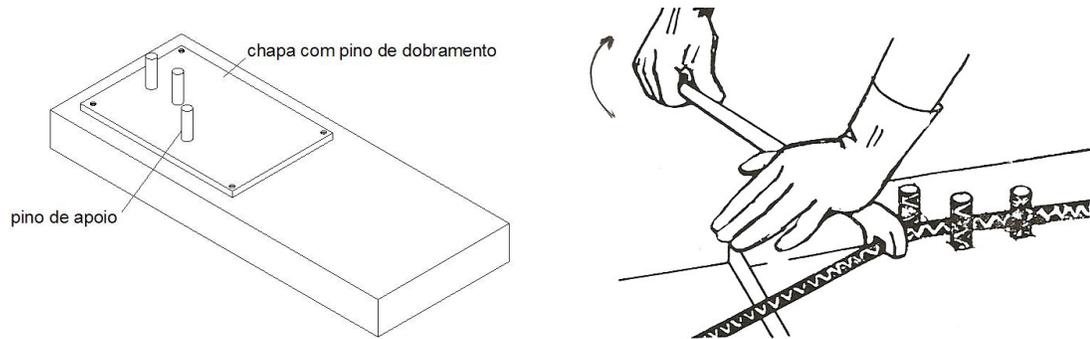
máquina de cortar ferro

**Figura 11.21 – Equipamentos utilizados no corte das barras de aço**

Após o corte as barras devem ser endireitadas, sobre a bancada, antes de ser dobrada. Uma barra bem desempenada aumenta o rendimento e proporciona bom aspecto.

### 11.3.2 - Dobramento das barras

Em algumas obras encontramos casos de quebra de barras de aço, quando do seu dobramento através de ferramentas manuais. Este fato é observado na maioria das vezes em obras onde existe grande variabilidade de bitolas, para as quais, operários menos experientes não atentam para a necessidade de substituir o diâmetro do pino de dobramento. Para algumas bitolas eles são finos levando a barra, a sofrerem um ensaio extremamente rigoroso de dobramento, chegando a romper por tração (Figura 11.22).



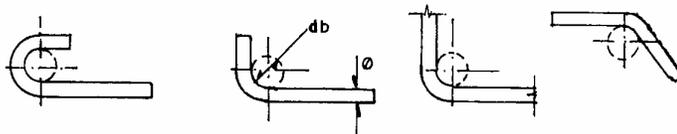
**Figura 11.22 – Bancada com pino de dobramento**

A recomendação para estes casos, que os diâmetros dos pinos sejam os mais próximos possíveis aos especificados na Tabela 11.4 para ganchos e dobras e na Tabela 11.5 para os estribos.

Caso as barras continuem quebrando, recomendamos que sejam feitos ensaios de caracterização do lote.

**Tabela 11.4 - Diâmetros dos pinos de dobramento - (Ganchos, dobras)**

BITOLAS		CA 25	CA 50	CA 60
POL	mm			
3/16"	5	4φ	5φ	6φ
1/4"	6,3	4φ	5φ	6φ
5/16"	8	4φ	5φ	6φ
3/8"	10	4φ	5φ	6φ
1/2"	12,5	4φ	5φ	6φ
5/8"	16	4φ	5φ	6φ
3/4"	20	5φ	8φ	
1"	25	5φ	8φ	
1 1/4"	32	5φ	8φ	



**Tabela 11.5 - Diâmetros dos pinos de dobramento - Estribos**

BITOLAS (mm)	CA 25	CA 50	CA 60
$\leq 10$	3 $\phi_t$	3 $\phi_t$	3 $\phi_t$
10 < $\phi$ > 20	4 $\phi_t$	5 $\phi_t$	-
$\geq 20$	5 $\phi_t$	8 $\phi_t$	-

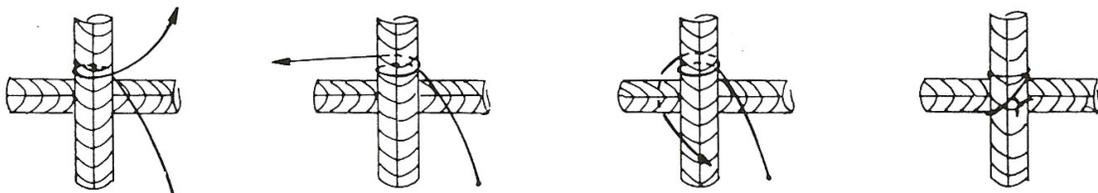
### 11.3.3 – Montagem das armaduras

Montagem das armaduras consiste em unir peças de aço com auxílio da torquês e do arame recozido nº18, dando forma as estruturas de acordo com o projeto estrutural.

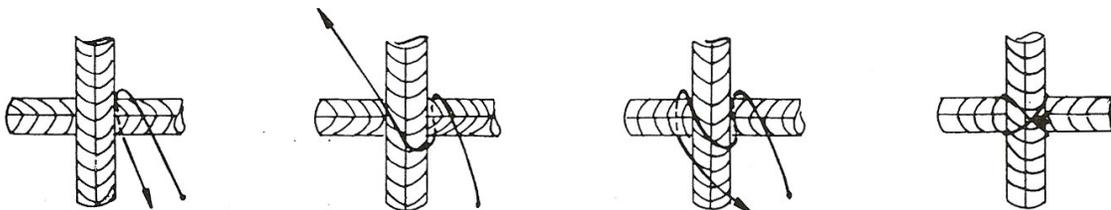
É importante amarrar bem para que os ferros não saiam da sua posição durante a concretagem. Os pontos mais conhecidos na amarração são: ponto simples, volta-seca, laçada e flor (Figura 11.23).



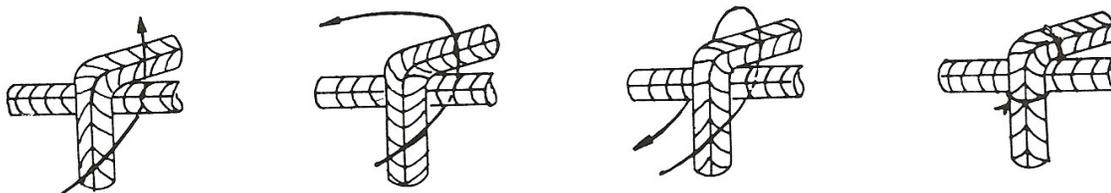
**Ponto simples**



**Ponto volta-seca ou rabo de macaco**



**Ponto flor ou cruzado**



**Ponto laçada**

**Figura 11.23 – Pontos de amarração usuais**

### 11.3.4 - Barras de espera de pilares

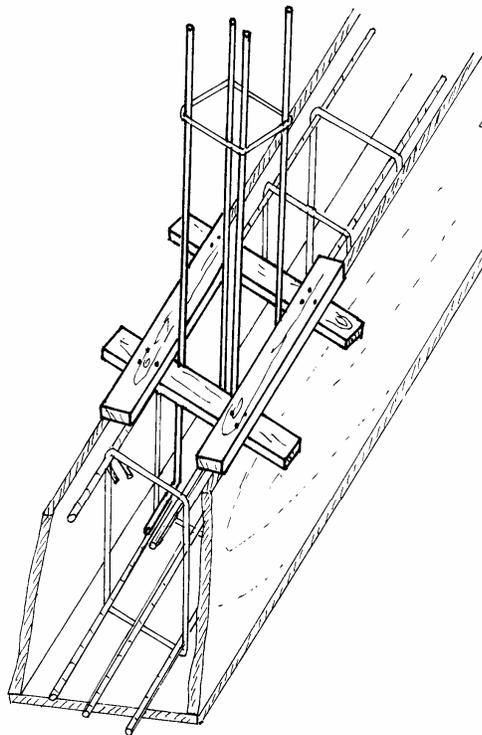
O que acontece com as barras de espera, é quanto ao seu posicionamento, pois acontece em obras em que as esperas dos pilares não coincidem com sua localização em planta.

Para que isso ocorra, as causas podem ser diversas, tais como:

- falta de amarração adequada;
- movimentação das barras durante a concretagem;
- descuidos na locação dos pilares, etc.

Para evitar esse problema, recomendamos como principal a fiscalização das ferragens. Para melhorar a rigidez da armadura impedindo o seu deslocamento, recomendamos que se execute um quadro de madeira para servir de apoio às barras de espera e que o mesmo seja fixado no restante da armadura (Figura 11.24).

Caso as recomendações citadas não forem obedecidas, deixando as barras de espera fora de posição após a concretagem, não deve ser permitido que as mesmas sejam dobradas para alcançar sua posição (engarrafamento das armaduras), devendo nestes casos consultar o projetista.



**Figura 11.24 - Quadro de madeira para servir de suporte às barras de espera dos pilares**

As esperas de pilares (arranques) têm o comprimento mínimo dado por Norma NBR 6118/2003 (Tabela 11.6), o que deve ser respeitado, salvo recomendações do calculista.

**Tabela 11.6 - Comprimentos básicos para as esperas de acordo com o fck do concreto (Fusco,1994)**

Fck (Mpa)	CA-50A - Barra estriada	
	Boa aderência	Má aderência
15	40 $\phi$	56 $\phi$
20	32 $\phi$	45 $\phi$
25	28 $\phi$	40 $\phi$
30	24 $\phi$	34 $\phi$
35	22 $\phi$	31 $\phi$
40	20 $\phi$	28 $\phi$

### 11.3.5 - Armação de Fundação

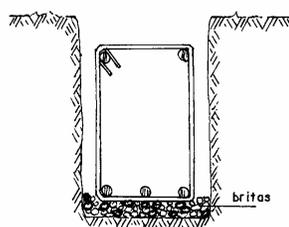
As fundações das estruturas podem ser expostas a agentes agressivos presentes nas águas e/ou solos de contato. Merecem menção dentre tais agentes agressivos:

- Íons sulfatos, freqüentemente presentes em solos e águas subterrâneas; a ação dos sulfatos, quando presente em solução produz, ao reagir com o hidróxido de cálcio e com o aluminato tricálcico hidratado, o gesso e o sulfo-aluminato de cálcio, que tem volume consideravelmente maior do que os compostos iniciais, levando a expansão e desagregação do concreto;
- Líquidos que possam lixiviar o cimento; a lixiviação significa a extração ou dissolução dos compostos hidratados da pasta de cimento

Todas as vigas baldrame, e principalmente os blocos de estacas, sapatas, não devem, suas armaduras, serem apoiadas diretamente sobre o solo.

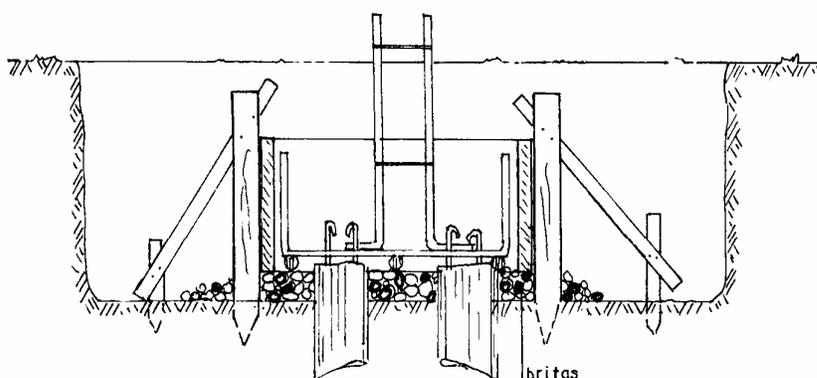
Porque as armaduras poderão ficar descobertas pelo concreto o que ocasionará a corrosão.

Para que isso não ocorra recomendamos que seja colocada no fundo das valas uma camada de concreto magro (lastro de concreto não estrutural) Figuras 11.25 e 11.26. A pedra britada, poderia ser utilizada como lastro, mas os vazios formados pela elevada granulometria faz com que a pasta de cimento esco formando vazios no concreto "bicheiras", podendo deixar as armaduras expostas.



VIGA BALDRAME

**Figura 11.25 - Lastro de brita sob as vigas baldrame**



BLOCO DE ESTACAS

**Figura 11.26 - Lastro de britas sob os blocos de estacas**

### 11.3.6 - Emendas

As emendas de barras por transpasses devem ser feitas rigorosamente de acordo com as recomendações do projetista. Quando não houver indicações, as emendas devem ser feitas na zona de menor esforço de tração, alternadas em diversos locais de uma seção (NBR 6118/2003), em várias - barras, se necessário, mas nunca em mais barras do que a metade.

Em qualquer caso o comprimento da emenda mínima deve ser  $\geq 15\phi$  ou  $\geq 20\text{cm}$ .

As emendas com luvas são excelentes. Emendas soldadas de aço CA-50 podem ser feitas com solda especial.

### 11.3.7 - Afastamento mínimo das barras

Como o concreto deve envolver toda a armadura e que não se apresente falhas de concretagem, é necessário que haja um mínimo de afastamento entre as

barras. Admite-se que entre as barras tanto na vertical como na horizontal pelo menos 2 cm e não menos do que o próprio diâmetro da barra.

Cuidado com o congestionamento formado pelas armaduras das vigas com as dos pilares, a fim de facilitar o lançamento do concreto.

#### **11.4 - COMO SE PREPARA UM BOM CONCRETO**

Faremos aqui algumas recomendações sobre o preparo do concreto, com o objetivo de garantir sua homogeneidade, durabilidade e qualidade.

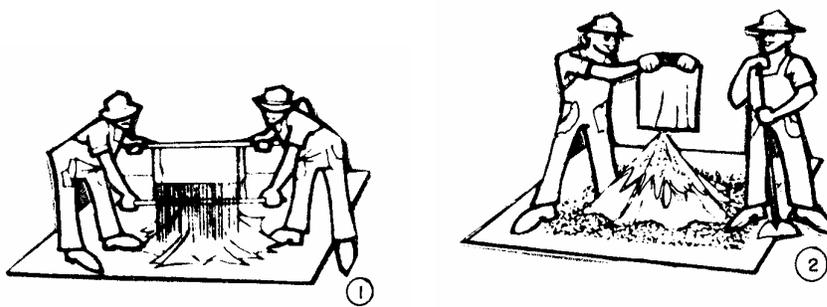
##### **11.4.1 - Concreto preparado manualmente**

Devemos evitar este tipo de preparo, pois a mistura das diversas massadas, não fica com a mesma homogeneidade. O concreto preparado manualmente é aceitável para pequenas obras e deve ser preparado com bastante critério seguindo no mínimo as recomendações abaixo:

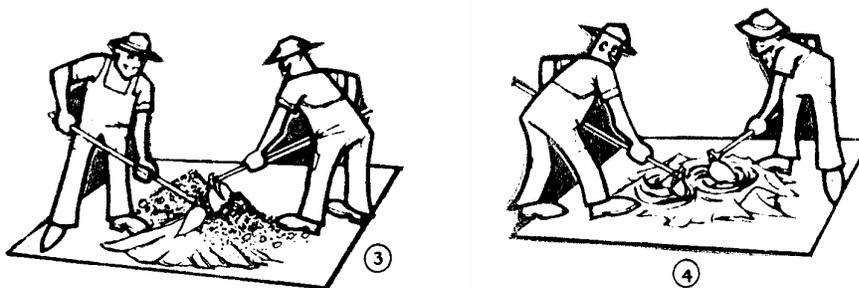
- Deve-se dosar os materiais através de caixas com dimensões pré-determinadas, ou com latas de 18 litros, e excesso de areia ou pedra no enchimento das mesmas deve ser retirado com uma régua;
- A mistura dos materiais deve ser realizada sobre uma plataforma, de madeira ou cimento, limpa e impermeável (preferencialmente em "caixotes") (Figura 11.27);
- Espalha-se a areia formando uma camada de 10 a 15 cm, sobre essa camada esvazia-se o saco de cimento, espalhando-o de modo a cobrir a areia e depois se realiza a primeira mistura, com pá ou enxada até que a mistura fique homogenia (Figura 11.27);
- Depois de bem misturados, se junta à quantidade estabelecida de pedra britada, misturando os três materiais (Figura 11.28);
- A seguir faz-se um buraco no meio da mistura e adiciona-se a água, pouco a pouco, tomando-se o cuidado para que não escorra para fora da mistura, caso a mistura for realizada sobre superfície impermeável sem proteção lateral "caixotes" (Figura 11.29).

Para regular a quantidade de água e evitar excesso, que é prejudicial, é conveniente observar a consistência da massa, da seguinte maneira:

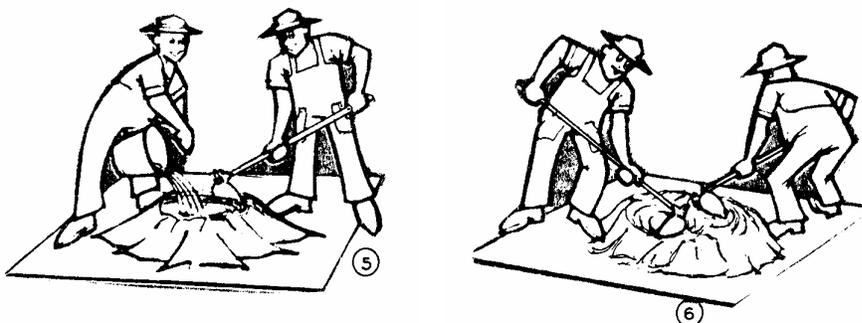
- Se a plainada com a pá, a superfície deve ficar úmida, sem perder água.
- Se espremido com a mão um punhado de massa, a forma da espremedura deve permanecer.



**Figura 11.27 - Mistura da areia e do cimento sobre superfície impermeável**



**Figura 11.28 - Adição das britas**



**Figura 11.29 - Colocação da água**

#### **11.4.2 - Concreto preparado em betoneira**

Recomendam-se o mesmo cuidado no enchimento das caixas ou latas, medidas de areia e pedra do item 11.4.1.

Os materiais devem ser colocados no misturador na seguinte ordem (Figura 11.30):

- É boa a prática de colocação, em primeiro lugar, parte da água, e em seguida do agregado graúdo, pois a betoneira ficará limpa;

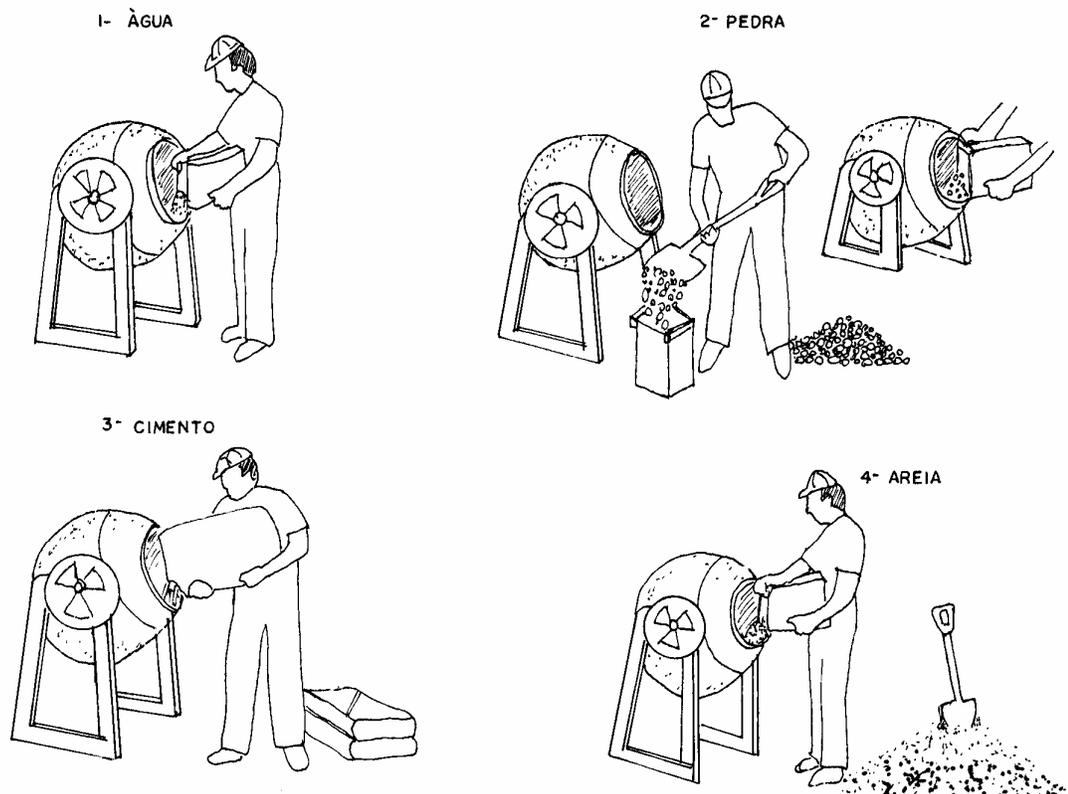
- É boa a regra de colocar em seguida o cimento, pois havendo água e pedra, haverá uma boa distribuição de água para cada partícula de cimento, haverá ainda uma moagem dos grãos de cimento;
- Finalmente, coloca-se o agregado miúdo, que faz um tamponamento nos materiais já colocados, não deixando sair o grão em primeiro lugar;
- Colocar o restante da água gradativamente até atingir a consistência ideal.

O tempo de mistura deve ser contado a partir do primeiro momento em que todos os materiais estiverem misturados.

Podemos estabelecer os tempos mínimos com relação ao diâmetro "d" da caçamba do misturador, em metros (Tabela 11.7).

**Tabela 11.7 - Tempos mínimos de mistura de acordo com o diâmetro e tipo de betoneira**

TEMPOS MÍNIMOS DE MISTURA			
Misturador tipo	Eixo Vertical	Eixo Horizontal	Eixo inclinado
Tempo mínimo de mistura (seg.)	$30\sqrt{d}$	$90\sqrt{d}$	$120\sqrt{d}$



**Figura 11.30 - Sequência da mistura em betoneira**

*OBS: Os materiais devem ser colocados com a betoneira girando e no menor espaço de tempo possível. Depois de colocados os materiais, deixe misturar no mínimo por 3 min.*

Se o concreto ficar mole, adicione a areia e a pedra aos poucos, até atingir a consistência adequada.

Se ficar seco, coloque mais cimento e água, na proporção de 5 partes de cimento por 3 de água.

*OBS: - Nunca adicione somente água, pois isso diminui a resistência do concreto.  
- Devemos sempre colocar um operário de confiança para operar a betoneira, pois é ele que controla o lançamento dos materiais.*

### 11.4.3 - Concreto dosado em central

Para a utilização dos concretos dosados em central, o que devemos saber é programar e receber o concreto.

**a) - Programação do concreto:** devemos conhecer alguns dados, tais como:

- localização correta da obra
- o volume necessário
- a resistência característica do concreto a compressão (fck) ou o consumo de cimento por m<sup>3</sup> de concreto.
- a dimensão do agregado graúdo
- o abatimento adequado (slump test), Tabela 11.8

**Tabela 11.8 - Limite de abatimento (Slump-Test) para diversos tipos de concreto**

Tipo de Construção	Consistência (Trabalhabilidade)	Valores de abatimento em – mm -					
		Tipo de execução de concreto:					
		Regular ou razoável Agregados em volume Sem ou com controle tecnológico				Rigoroso Agregados em peso	
		V i b r a ç ã o					
		sem		com		com	
Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.		
Fundações e muros não armados	Firme	20	40	20	60	10	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 com excesso de armadura	Mole até Plástico	80	110	70	90	60	80
Concreto aparente	Plástico até mole	70	100	60	80	50	70
Concreto bombeado – até 40m Mais de 40m	Mole	-----	-----	80	100	70	90
	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
Pavimentação	Firme	-----	-----	20	50	10	30
Blocos maciços(concr. Socado)	Muito firme	-----	-----	10	30	0	20

A programação deve ser feita com antecedência e deve incluir o volume por caminhão a ser entregue, bem como o intervalo de entrega entre caminhões.

**b) - Recebimento:** antes de descarregar, deve-se verificar:

- o volume do concreto pedido
- a resistência característica do concreto à compressão (fck).
- aditivo se utilizado

Se tudo estiver correto, só nos resta verificar , o abatimento (slump test) para avaliar a quantidade de água existente no concreto. Para isso devemos executá-lo como segue:

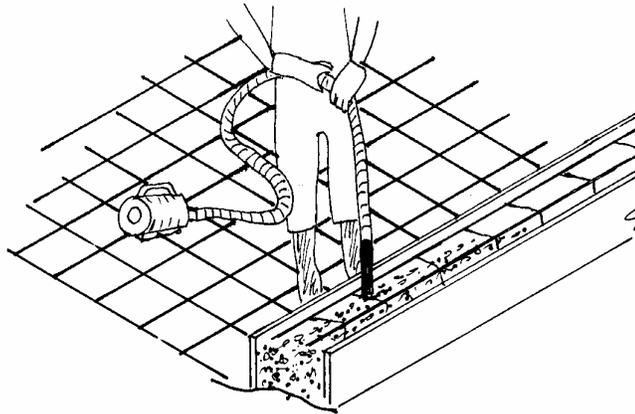
- coletar a amostra de concreto depois de descarregar 0,5 m<sup>3</sup> de concreto ou  $\cong$  30 litros.
- coloque o cone sobre a placa metálica bem nivelada e preencha em 3 camadas iguais e aplique 25 golpes uniformemente distribuídos em cada camada.
- adense a camada junto a base e no adensamento das camadas restantes, a haste deve penetrar até a camada inferior adjacente.
- retirar o cone e com a haste sobre o cone invertido meça a distância entre a parte inferior da haste e o ponto médio do concreto.

#### **11.4.4 - Aplicação do concreto em estruturas**

Na aplicação do concreto devemos efetuar o adensamento de modo a torná-lo o mais compacto possível.

O método mais utilizado para o adensamento do concreto é por meio de vibrador de imersão (Figura 11.31), para isso devemos ter alguns cuidados:

- aplicar sempre o vibrador na vertical
- vibrar o maior número possível de pontos
- o comprimento da agulha do vibrador deve ser maior que a camada a ser concretada.
- não vibrar a armadura
- não imergir o vibrador a menos de 10 ou 15 cm da parede da fôrma
- mudar o vibrador de posição quando a superfície apresentar-se brilhante.



**Figura 11.31 - Aplicação do vibrador na vertical**

Porém antes da aplicação do concreto nas estruturas devemos ter alguns cuidados:

- a altura da camada de concretagem deve ser inferior a 50 cm, facilitando assim a saída das bolhas de ar.
- e alguns cuidados nos pilares, vigas, lajes como segue:

#### **a) Nos pilares**

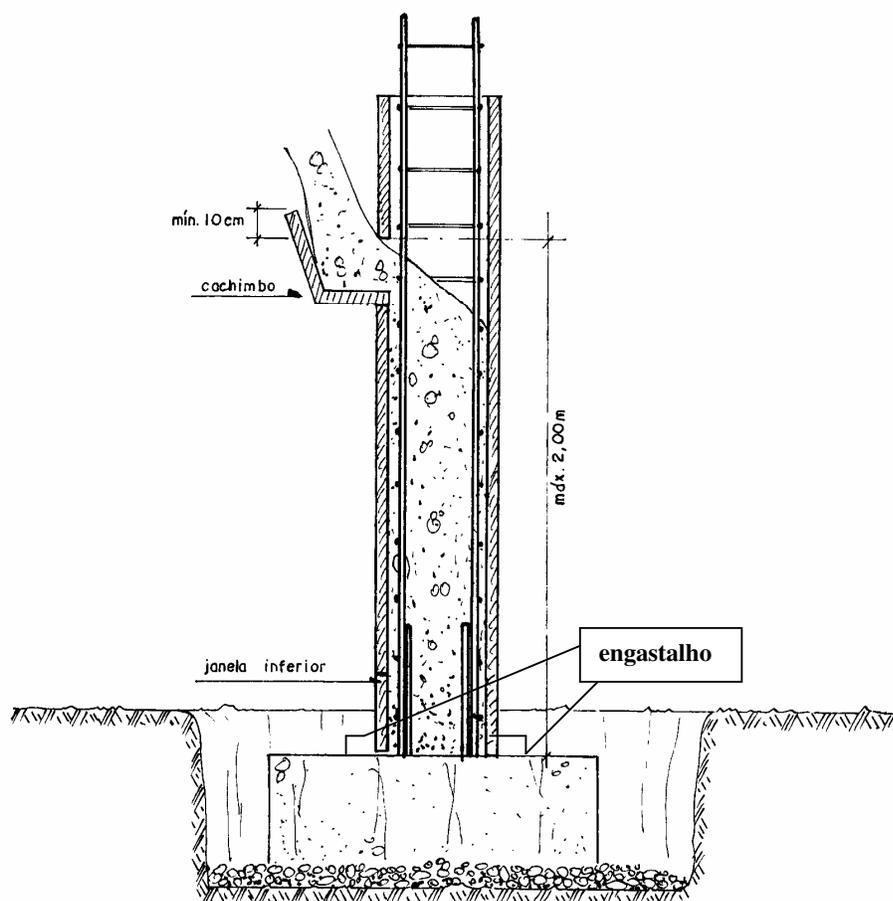
Verificar o seu prumo, e fazer com que a fôrma fique travada nos "engastalhos", e contraventá-las.

Engravatar a fôrma a cada aproximadamente 50 cm. Em casos de pilares altos, a 2,00m fazer uma abertura "janela" para o lançamento do concreto, evitando com isso a queda do concreto de uma altura fazendo com que os agregados graúdos permaneça no pé do pilar formando ninhos de pedra a vulgarmente chamado "bicheira".

Podemos ainda fazer uma outra abertura no pé do pilar para, antes da concretagem, fazer a remoção e limpeza da sua base.

O concreto deverá ser vibrado com vibrador específico para tal, e não a "marteladas" como o usual.

Fazer um "cachimbo" nas janelas para facilitar a concretagem (Figura 11.32).



**Figura 11.32 - Cachimbo para facilitar a concretagem**

### **b) - Nas vigas**

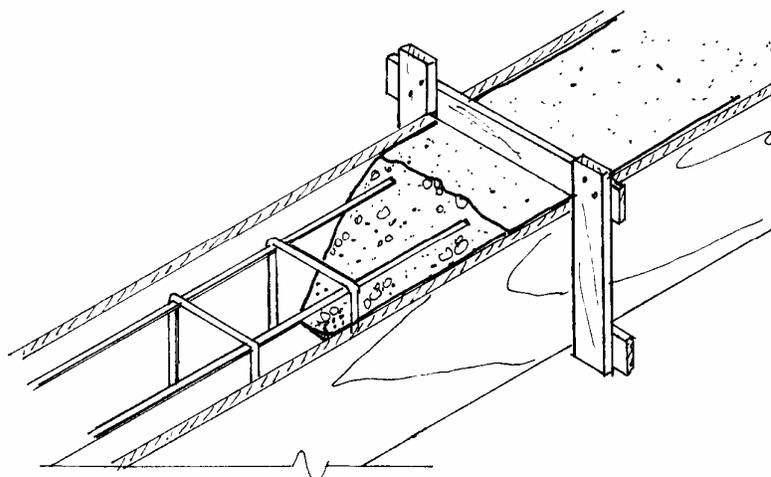
Deverá ser feitas formas, contraventadas a cada 50 cm, através de gavatas, mãos-francesas etc., para evitar, no momento de vibração, a sua abertura e vazamento da pasta de cimento.

Verificar a estanqueidade das fôrmas;

Limpar as fôrmas e molhá-las antes de concretar

As vigas deverão ser concretadas de uma só vez, caso não haja possibilidade, fazer as emendas à 45° (Figura 11.33).

As emendas de concretagem devem ser feitas de acordo com a orientação do engenheiro calculista. Caso contrário, a emenda deve ser feita a 1/4 do apoio, onde geralmente os esforços são menores. Devemos evitar as emendas nos apoios e no centro dos vãos, pois os momentos negativos e positivos, respectivamente, são máximos.



**Figura 11.33 - Emendas de concretagem em vigas realizada à 45°**

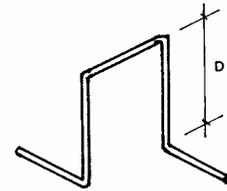
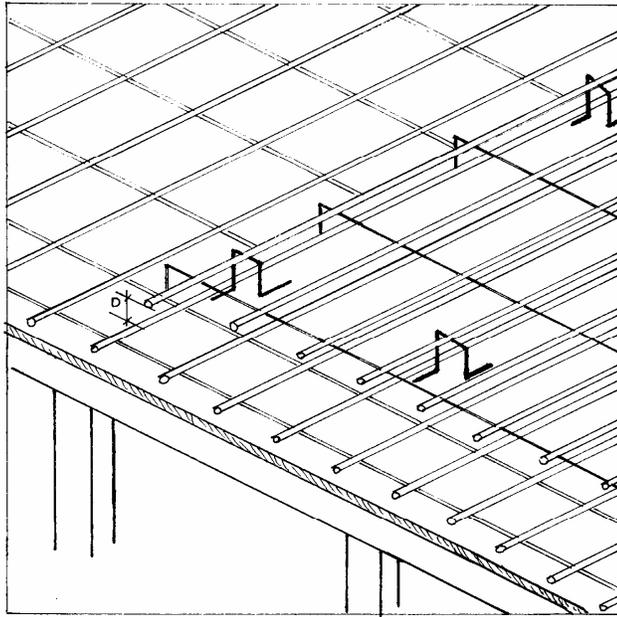
Quando uma concretagem for interrompida por mais de três horas a sua retomada só poderá ser feita 72 horas - após a interrupção; este cuidado é necessário para evitar que a vibração do concreto novo, transmitida pela armadura, prejudique o concreto em início de endurecimento e quanto a aderência do concreto as barras de aço. A superfície deve ser limpa, isenta de partículas soltas, e para maior garantia de aderência do concreto novo com o velho devemos:

- 1º retirar com ponteiro as partículas soltas
- 2º molhar bem a superfície e aplicar
- 3º ou uma pasta de cimento ou um adesivo estrutural para preencher os vazios e garantir a aderência.
- 4º o reinício da concretagem deve ser feito preferencialmente pelo sentido oposto.

### **c) - Nas Lajes**

Após a armação, devemos fazer a limpeza das pontas de arame utilizadas na fixação das barras, através de imã, fazer a limpeza e umedecimento das formas antes de concretagem, evitando que a mesma absorva água do concreto. O umedecimento nas fôrmas de laje maciça não pode originar acúmulo de água, formando poças.

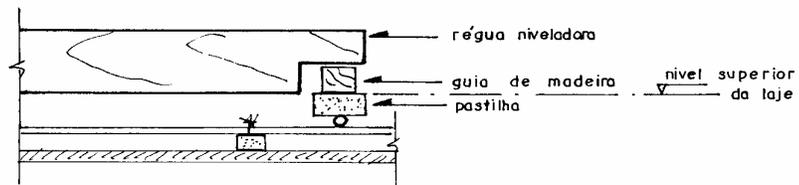
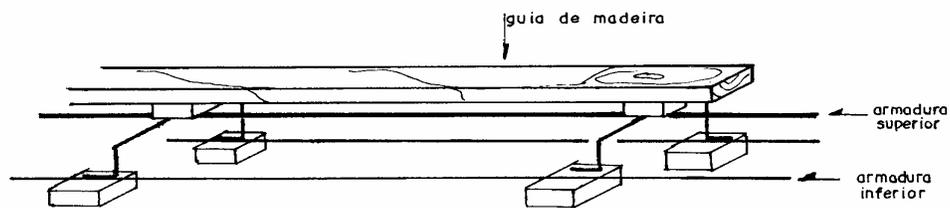
Garantir que a armadura negativa fique posicionada na face superior, com a utilização dos chamados "Caranguejos." (Figura 11.34)



D= Distância entre as camadas da armadura.

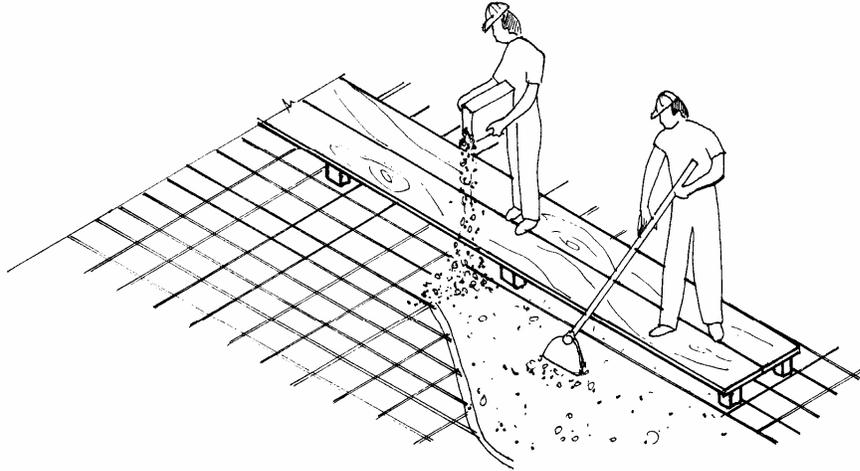
**Figura 11.34 - Detalhe da colocação de caranguejos no posicionamento das armaduras das lajes**

Recomendamos o uso de guias de nivelamento e não de pilaretes de madeira para nivelarmos a superfície das lajes. (Figura 11.35)



**Figura 11.35 - Detalhe das guias de nivelamento**

Recomendamos ainda que as passarelas, para movimentação de pessoal no transporte de concreto, sejam feitas e apoiadas diretamente sobre as formas, independentes da armadura (Figura 11.36). Desta forma evitaremos a vibração excessiva das armaduras com eventual risco de aderência na parte de concreto já parcialmente endurecido, e a deslocação das mesmas principalmente as armaduras negativas.



**Figura 11.36 - Passarela para concretagem apoiadas na fôrma.**

#### 11.4.5 - Cobrimento da armadura

A importância do Cobrimento de concreto na armadura é de vital importância na durabilidade, mas também pelos benefícios adicionais, como por exemplo, a resistência ao fogo. É preocupante ao constatar que esse ponto é freqüentemente negligenciado.

Os cobrimentos estão sempre referidos à superfície da armadura externa, em geral à face externa do estribo.

Na execução, deve ser dada atenção apropriada aos espaçadores para armadura e uso de dispositivos para garantia efetiva do cobrimento especificado (Figuras 11.37 e 11.38).

Devemos em todos os casos garantir o total cobrimento das armaduras, lembrando que o aço para concreto armado estará apassivado e protegido da corrosão quando estiver em um meio fortemente alcalino propiciando pelas reações de hidratação do cimento, devemos fazer cumprir os cobrimentos mínimos exigidos no projeto e dado pela NBR6118/2003. (Tabela 11.9)

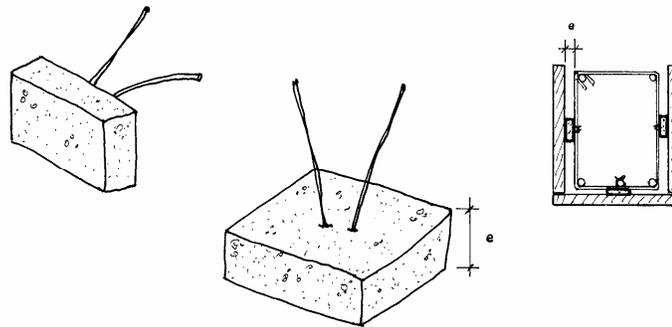
**Tabela 11.9 - Cobrimento das armaduras**

Agressividade	Fraca (Rural, submersa)	Moderada (Urbana)	Forte (Marinha, Industrial)	Muito Forte (Industrial, repingos de maré)
componentes	Cobrimento nominal (mm)			
laje	20	25	35	45
Viga/pilar	25	30	40	50

OBS: Pode-se considerar um microclima com uma classe de agressividade mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinha, áreas de serviço de apartamentos, residências e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura.

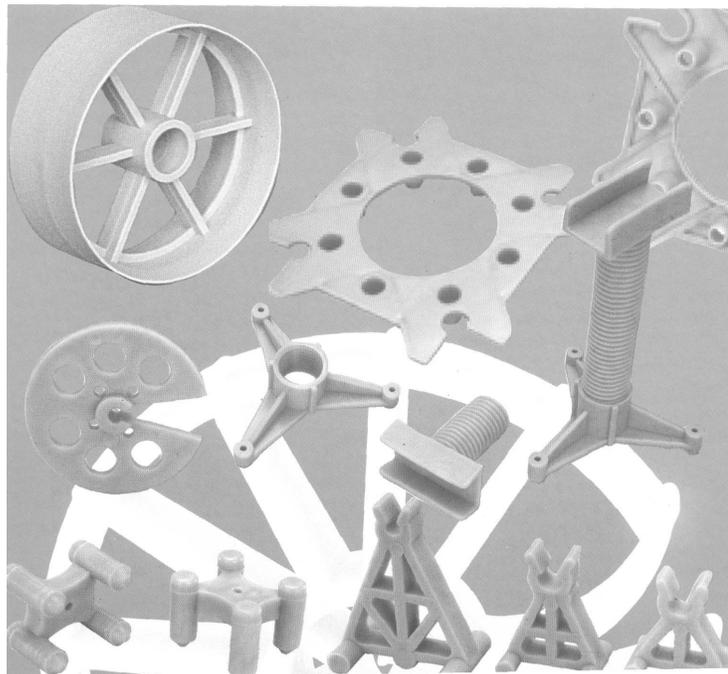
para tal podemos empregar:

- pastilhas (espaçadores): plásticas (Figura 11.38) ou de argamassa (Figura 11.37), que além de mais econômicas, aderem melhor ao concreto e podem ser facilmente obtidas na obra, com o auxílio de formas de madeira, isopor (caixa de ovos), (para fazer gelo), metálica etc...
- cordões de argamassa.



e = recobrimento

**Figura 11.37 - Pastilhas de argamassa**



**Figura 11.38 - Pastilhas plásticas**

#### 11.4.6 - Cura

A cura é um processo mediante o qual mantém-se um teor de umidade satisfatório, evitando a evaporação da água da mistura, garantindo ainda, uma temperatura favorável ao concreto, durante o processo de hidratação dos materiais aglomerantes.

A cura é essencial para a obtenção de um concreto de boa qualidade. A resistência potencial, bem como a durabilidade do concreto, somente serão desenvolvidas totalmente, se a cura for realizada adequadamente.

Existem dois sistemas básicos para obtenção da perfeita hidratação do cimento:

1 – Criar um ambiente úmido quer por meio de aplicação contínua e/ou freqüente de água por meio de alagamento, molhagem, vapor d'água ou materiais de recobrimento saturados de água, como mantas de algodão ou juta, terra, areia, serragem, palha, etc.

*OBS.: Deve-se ter cuidados para que os materiais utilizados não sequem e absorvam a água do concreto.*

2 – Prevenir a perda d'água de amassamento do concreto através do emprego de materiais selantes, como folhas de papel ou plástico impermeabilizantes, ou por aplicação de compostos líquidos para formação de membranas.

#### a) Tempo de Cura

Para definir o prazo de cura, motivo de constante preocupação de engenheiros e construtores nacionais, é necessário considerar dois aspectos fundamentais:

- a relação a/c e o grau de hidratação do concreto;
- tipo de cimento.

Para concretos com resistência da ordem de 15Mpa devemos curar o concreto num período de 2 a dez dias, de acordo com a relação a/c utilizada e o tipo de cimento, conforme mostra a Tabela 11.10:

**Tabela 11.10 - Número de dias para cura de acordo com a relação a/c e do tipo de cimento**

a/c Cimento	0,35	0,55	0,65	0,70
CPI e II 32	2	3	7	10
CPIV – POZ 32	2	3	7	10
CPIII – AF – 32	2	5	7	10
CPI e II – 40	2	3	5	5
CPV – ARI	2	3	5	5

Há, também, outros aspectos importantes na determinação do tempo total de cura e não podem deixar de ser mencionados, uma vez que, de alguma forma, atuam sobre a cinética da reação de hidratação do cimento:

- condições locais, temperatura, vento e umidade relativa do ar;
- geometria das peças, que pode ser definida pela relação, área de exposição/volume da peça.

Em certas condições, haverá necessidade de concretos mais compactos (menos porosos), exigindo um prolongamento do período em que serão necessárias as operações de cura. Nessas condições haverá necessidade de considerar também a variável agressividade do meio ambiente.

O maior dano causado ao concreto pela falta da cura não será uma redução nas resistências à compressão, pelo menos nas peças espessas, que retêm mais água e garantem o grau de umidade necessário para hidratar o cimento. A falta de uma cura adequada age principalmente contra a durabilidade das estruturas, a qual é inicialmente controlada pelas propriedades das camadas superficiais desse concreto. Secagens prematuras resultam em camadas superficiais porosas com baixa resistência ao ataque de agentes agressivos. Ironicamente, as obras mais carentes de uma cura criteriosa – pequenas estruturas, com concreto de relação a/c elevada – são as que menos cuidados recebem especialmente componentes estruturais, como pilares e vigas. Além disso, é prática usual nos canteiros de obras cuidarem da cura somente na parte superior das lajes.

#### **11.4.7 - Desforma**

A desforma deve ser realizada de forma criteriosa. Em estruturas com vãos grandes ou com balanços, deve-se pedir ao calculista um programa de desforma progressiva, para evitar tensões internas não previstas no concreto, que podem provocar fissuras e até trincas.

Quando o cimento não for de alta resistência inicial ou não for colocado aditivo que acelerem o endurecimento e a temperatura local for adequada, a retirada das fôrmas e do escoramento deverá ser feito quando o concreto atingir a resistência característica à compressão  $\geq 15$  MPa.

Nas obras de pequeno porte e de menor responsabilidade podemos, além de atender ao exposto acima, desformar nos seguintes prazos:

- |  |         |
|--|---------|
| • faces laterais   | 3 dias  |
| • retirada de algumas escoras                                  | 7 dias  |
| • faces inferiores, deixando-se algumas escoras bem encunhadas | 14 dias |
| • desforma total, exceto as do item abaixo                     | 21 dias |
| • vigas e arcos com vão maior do que 10 m                      | 28 dias |

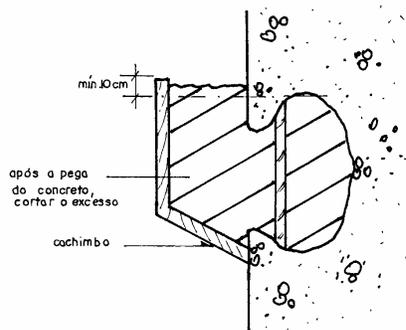
A desforma de estruturas mais esbeltas deve ser feita com muito cuidado, evitando-se desformas ou retiradas de escoras bruscas ou choques fortes.

#### 11.4.8 - Consertos de falhas

Devemos proibir, nas obras, que após a desforma de qualquer elemento da estrutura de concreto armado sejam fechadas falhas (bicheiras) do concreto, para esconder eventuais descuidos durante a concretagem ou por outro qualquer motivo.

Para os concertos nas falhas simples devemos assim proceder:

- remover o concreto solto, picotar e limpar bem o lugar a ser reparado.
- limpar bem as barras das armaduras descoberta removendo toda a ferrugem.
- aplicar um adesivo a base de epóxi na superfície de contato do concreto e das barras de aço com o novo concreto de enchimento.
- preenchimento do vazio, com concreto forte, sendo aconselhável aplicar aditivo inibidor de retração (expansor).



**Figura 11.39 - Método mais comum de concertos de falhas**

#### 11.4.9 - O que devemos verificar antes da concretagem - Plano de Concretagem

Antes da concretagem devemos verificar um conjunto de medidas a serem tomadas antes do lançamento do concreto objetivando a qualidade da peça a ser concretada, que são:

##### a) Fôrma e Escoramento

- Conferir a montagem baseada no projeto;
- Capacidade de suporte da fôrma relativo a deformações provocadas pelo peso próprio ou devido às operações de lançamento;
- Estanqueidade;
- Limpeza e aplicação de desmoldante;
- Tratamento da superfície de contato.

##### b) Armadura

- Bitolas, quantidades e dimensões das barras;

- Posicionamento;
- Fixação;
- Cobrimento das armaduras (pastilhas, espaçadores)
- Limpeza

### **c) Lançamento**

- Programar antecipadamente o volume de concreto, início e intervalos das cargas;
- Programar o tempo previsto para o lançamento;
- Dimensionar a equipe envolvida no lançamento, adensamento e cura do concreto;
- Prever interrupções nos pontos de descontinuidade (juntas, encontros de pilares, paredes com vigas ou lajes);
- Especificar a forma de lançamento (convencional, bomba estacionária, autobomba com lança, esteira, caçamba);
- Providenciar equipamentos e dispositivos (carrinhos, jericas, guincho, guindaste, caçamba);
- Providenciar ferramentas diversas (enxada, pás, desempenadeiras, ponteiros, etc..)
- Providenciar tomadas de força para equipamentos elétricos;
- Durante o lançamento devemos evitar o acúmulo de concreto em determinados pontos da fôrma, lançar o mais próximo da sua posição final, evitar a segregação e o acúmulo de água na superfície do concreto, lançar em camadas horizontais de 15 a 30cm, a partir da extremidade para o centro das fôrmas, lançar nova camada antes do início de pega da camada inferior, a altura de lançamento não deve ultrapassar a 2,0m;
- No caso de lançamento convencional verificar: o intervalo compatível de entrega do concreto, limitar o transporte a 60m, preparar rampas e caminhos de acesso, iniciar a concretagem pela parte mais distante do local de recebimento do concreto;
- No caso de lançamento por bombas verificar: altura de lançamento, prever local de acesso e de posicionamento para os caminhões e bomba.

### **d) Adensamento**

- Providenciar, vibradores de imersão (agulha), vibradores de superfície (régua vibratórias), vibradores externos (vibradores de fôrma);
- O vibrador de imersão deve penetrar cerca de 5,0cm da camada inferior;
- Iniciar o adensamento logo após o lançamento;
- Evitar o adensamento a menos de 10cm da parede da fôrma devido a formação de bolhas de ar e perda de argamassa;

### **e) Cura**

- Iniciar a cura tão logo a superfície concretada tenha resistência à ação da água;
- A cura deve ser contínua;

## ANOTAÇÕES

Noções de segurança:

- Para evitar quedas de pessoas em aberturas, beirada das lajes, escorregões ocasionados pela desforma, emprego de escadas inadequadas devemos: proteger as beiradas das lajes, poços, com guarda-corpos de madeira, metal ou telados. As escadas devem ser dimensionadas em função do fluxo de trabalhadores, ser fixadas nos pisos inferiores e superiores.
- Para evitar quedas de materiais e objetos, devemos evitar o empilhamento e armazenamento próximo a beiradas de laje. Madeira de desforma e estroncas devem ser armazenadas no centro do pavimento.
- O içamento de materiais só deve ser feito por pessoal qualificado
- Para o transporte, corte, dobra e manipulação de armações de aço devem ser utilizados os equipamentos de proteção individual obrigatórios (capacete, óculos de segurança contra impactos, avental, luva e mangote de raspa, protetor auricular, calçado, cinturão de segurança tipo pára-quedista e trava-quedas).
- Retirar da área de produção as ferramentas defeituosas, danificadas ou improvisadas.