

TECNOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES

CONCRETO

NOTA DE AULA

Prof. Dorival Rosa Brito

Março 2010

CONCRETO ARMADO

1. INTRODUÇÃO

As estruturas de edifícios podem ser classificadas levando em consideração tanto a sua concepção estrutural, como a intensidade de seu emprego, ou a partir dos materiais que a constituem.

Quanto à concepção estrutural, elas podem ser classificadas em reticuladas, elementos planos, ou outros como cascas, espaciais, pneumáticas, etc. As estruturas reticuladas transmitem os esforços utilizando elementos isolados, tais como: lajes, vigas, pilares ou pórticos. Nas estruturas planas a transmissão se dá através de um plano de carregamentos (alvenaria estrutural).

Quanto à intensidade do emprego, elas podem ser classificadas em tradicionais e não tradicionais. As tradicionais são aquelas mais empregadas em um certo local, por exemplo, edifícios, de médio e grande porte, com estrutura de concreto armado moldado no local. As não tradicionais são aquelas de uso menos freqüente, tais como edifícios de madeira, de aço, de alvenaria estrutural.

Quanto aos materiais constituintes, pode-se dizer que os materiais mais comumente empregados são a madeira, o aço e o concreto armado. A madeira é um material pouco utilizado na construção de edifícios no Brasil, devido a sua dificuldade de obtenção e elevado custo, dentre outros problemas. O aço é, também, pouco utilizado no Brasil na construção de edifícios de múltiplos pavimentos. Sua utilização tem sido concentrada, nos últimos anos, na produção de edifícios industriais. As estruturas em concreto armado ganharam espaço significativo no Brasil, desde o seu surgimento, na construção de edifícios de qualquer altura. É, atualmente, o material mais utilizado, seja ele moldado no local, como pré-fabricado.

A execução de estruturas de concreto armado deve seguir um planejamento básico de produção, tal que possibilite a obtenção das peças projetadas e com a qualidade especificada. Mostra-se esse esquema na Figura 1, onde a produção das armaduras e fôrmas podem ser feitas ao mesmo tempo, montadas e levadas para o local onde a peça será executada. Colocam-se então os embutidos (dutos e passagens das instalações). Providencia-se a mistura do concreto e transporta-o até o local onde será feita a concretagem, a qual consiste no lançamento, adensamento e cura do concreto. Em seguida, desforma-se a peça que é considerada pronta.

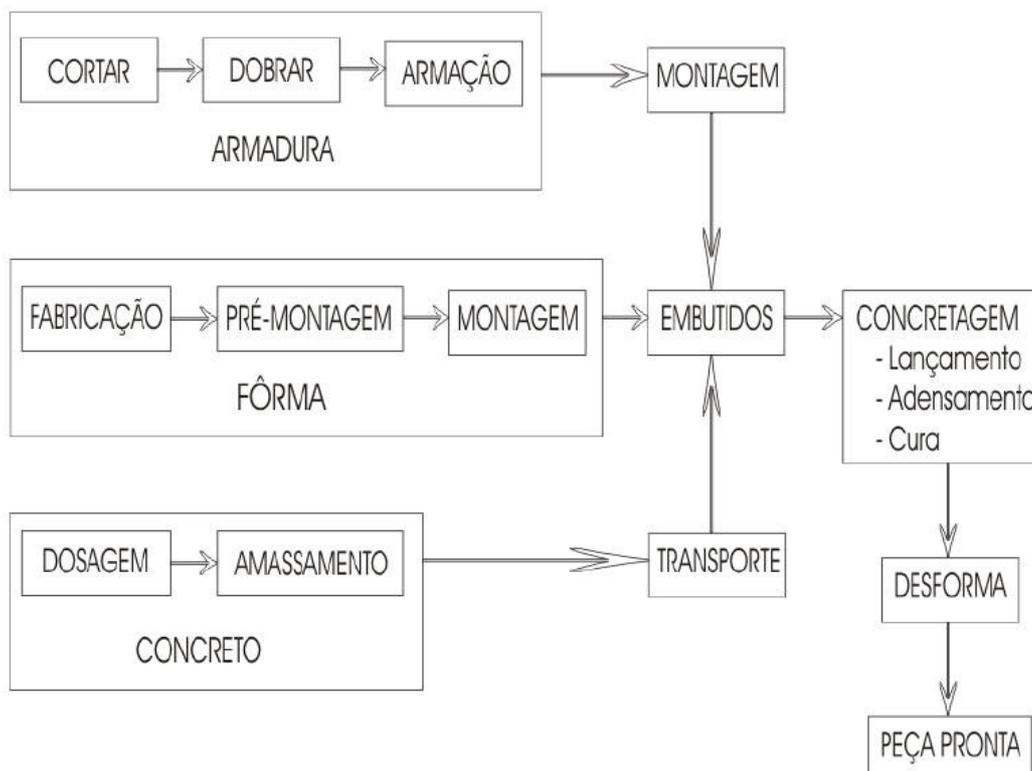


Figura 1. Esquema de produção para a execução de estruturas de concreto armado.

2. FÔRMAS

São estruturas provisórias, em geral de madeira, destinadas a dar a forma aos elementos de concreto, até a sua solidificação.

Num passado não muito distante, a definição das fôrmas era de responsabilidade dos encarregados e mestres-de-obras, acreditando-se que o critério de dimensionamento prático fosse suficiente para garantir a estabilidade da obra, sem atentar para os custos advindos da falta de rigor maior no trato das fôrmas. Atualmente, torna-se imperativo que o engenheiro dê a devida importância ao dimensionamento das fôrmas e dos escoramentos, considerando os planos de montagem e desmontagem, bem como seu reaproveitamento na obra, a fim de minimizar custos, perdas, além de alcançar maior qualidade e reduzir prazos de entrega.

2.1. Tipos de Fôrmas

As fôrmas, em geral, são classificadas de acordo com o material e do modo como são utilizadas, levando em conta o tipo de obra. Assim, pode-se classificá-las como:

- **Convencional** – é feita de madeira e indicadas para pequenas obras particulares e detalhes específicos;
- **Moduladas** – são de madeira e mistas, indicadas para obras repetitivas e edifícios altos;
- **Trepantes** – madeira, metálicas e mistas, indicadas para torres, barragens e silos;
- **Deslizantes verticais** – madeira, metálicas e mistas, indicadas para torres e pilares altos de grande seção;
- **Deslizantes horizontais** – metálicas, indicadas para barreiras, defensas e guias.

As estruturas mistas consistem na combinação da madeira com peças metálicas, plásticos, papelão e pré-moldados.

Um sistema de fôrmas é constituído dos seguintes elementos: molde, estrutura do molde, escoramentos e acessórios.

- **Molde** – caracteriza a forma da peça e é o elemento que entra em contato direto com o concreto. É constituído por painéis de laje, fundos e faces de vigas e faces de pilares.
- **Estrutura do molde** – é o que dá sustentação e travamento ao molde, enrijecendo-o. É constituído por gravatas, sarrafos acoplados aos painéis e travessões.
- **Escoramento** – é o que dá apoio à estrutura da fôrma, transmitindo os esforços da estrutura do molde para algum ponto de apoio no solo ou na própria estrutura de concreto. É constituído por guias, pontaletes e pés-direitos.
- **Acessórios** – são componentes utilizados para nivelar, dar prumo e locar peças, sendo constituídos por apuradores, sarrafos de pé-de-pilar e cunhas.

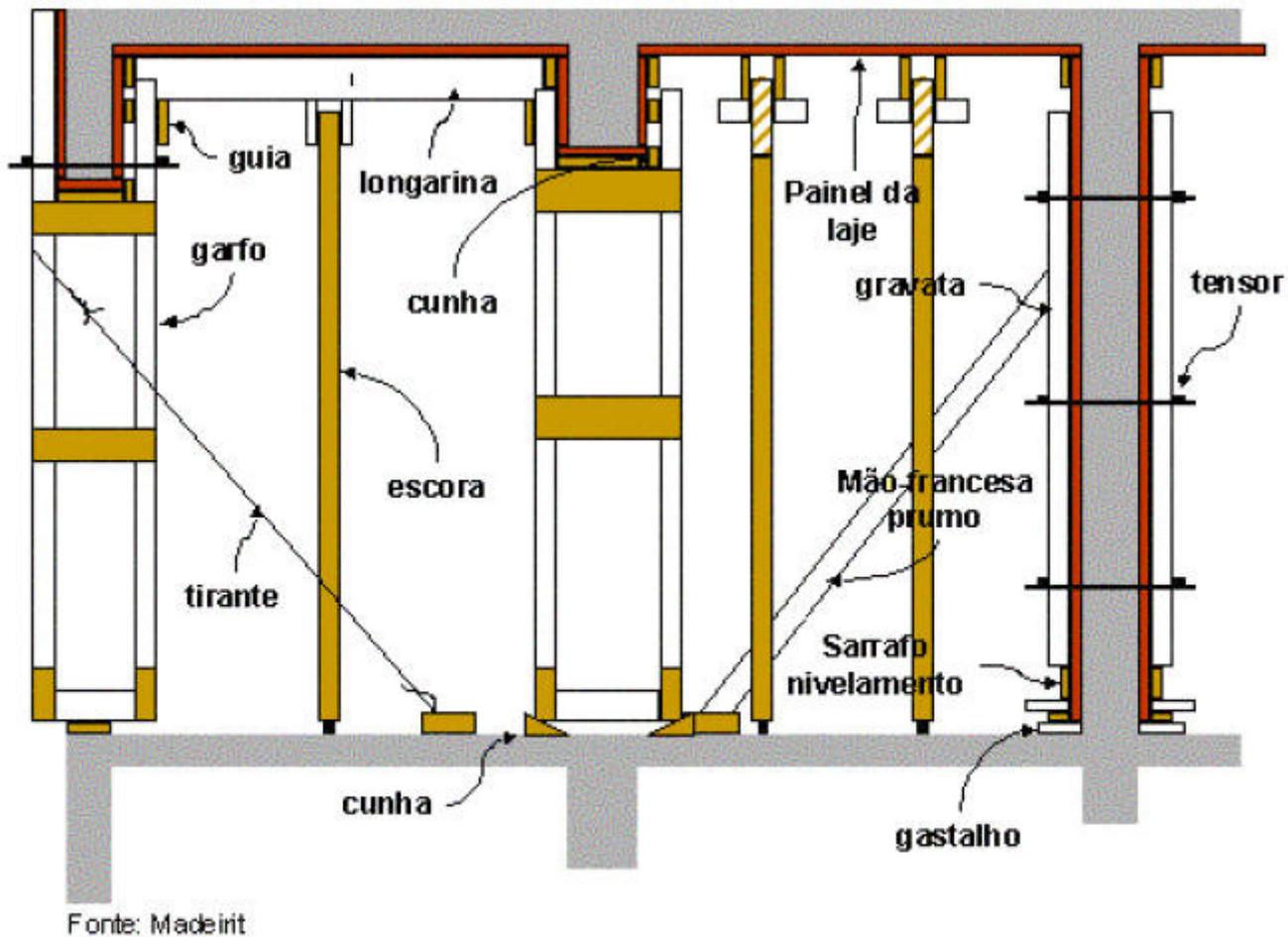


Figura 2. Esquema geral de fôrmas de edifício.

O uso das fôrmas de madeira (Figura 2) é mais difundido devido às seguintes razões:

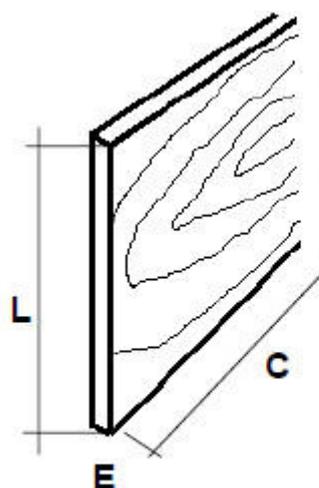
- Facilidade de treinamento e utilização da mão-de-obra (carpinteiro);
- Uso de equipamentos e complementos pouco complexos e relativamente baratos (serras manuais e mecânicas, furadeiras, martelos, etc.);
- Boa resistência a impactos e ao manuseio (transporte e armazenagem);
- O material é reciclável e pode ser reutilizado;
- Apresenta características físicas e químicas condizentes com o uso.

As únicas restrições, quanto ao uso da madeira como fôrma para o concreto, se referem ao tipo de obra e às condições de uso, que são:

- Pouca durabilidade;
- Pouca resistência nas ligações e emendas;
- Grandes deformações quando submetidas a variações bruscas de umidade;
- Ser inflamável.

Neste caso, utiliza-se para o molde a madeira em forma de tábua ou de compensado. As tábuas são feitas em madeira de pinho (araucária ou madeira do Paraná), cedrinho, jatobá e pinus (não recomendado). O pinho usado na construção civil é chamado de pinho de terceira categoria ou classe. Esta classe apresenta uma madeira seca, com nós ou furos (distanciados entre si mais de 31 cm), com manchas, ardiduras, esmoado (δ 1/3 da espessura), fendilhamento, gretas e falhas, de cor natural, corretamente serrada, bitola exata, quinas ou arestas em esquadrias. As dimensões usuais das tábuas podem ser vistas na Figura 3.

Dimensões usuais das tábuas



Nomenclatura	Espessura (E) polegada (cm)	Largura L polegada (cm)	Comprimento C (metro)
1x4 1x6 1x9 1x12	1 (2,54)	4 (10,16) 6 (15,24) 9 (22,86) 12 (30,48)	Básico 4,20 comercial 3,90 comercial 3,60 comercial 3,30

Figura 3. Dimensões usuais das tábuas compensadas.

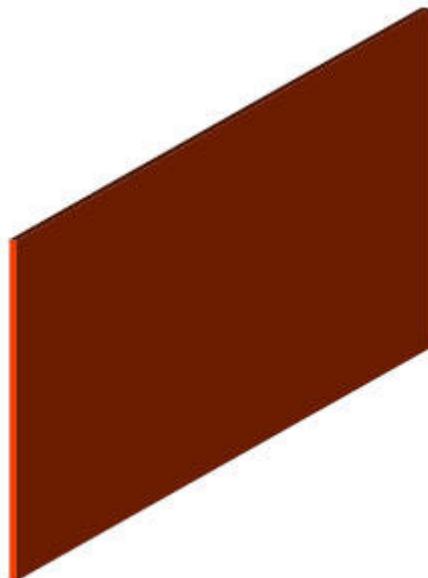
As chapas compensadas, ou compensados, são apropriadas para concreto aparente, apresentando um acabamento superior ao conseguido com painéis de tábuas. Recomenda-se estudar bem o projeto de fôrmas, a fim de evitar perdas durante o corte. Em obras correntes são utilizadas chapas resinadas, pois são mais baratas (reutilização: 2 ou 3 vezes no máximo); em obras com melhor acabamento, exige-se o uso de chapas plastificadas, que apesar de apresentarem maior custo, têm maior índice de reaproveitamento (10 a 40 vezes). Na Figura 4 mostra-se as dimensões usuais destas tábuas.

A estrutura do molde usa comumente a madeira aparelhada, em forma de treliça ou perfis de madeira colada. São utilizadas tábuas (2,5 cm x 30 cm), sarrafos (2,5 cm x 5,0 cm; 2,5 cm x 10 cm) e caibros ou pontaletes (5 cm x 6 cm; 7,5 cm x 7,5 cm).

Nos escoramentos usa-se a madeira bruta ou aparelhada. Também chamados de pontaletes, podem ter seção circular com diâmetro mínimo de 8 cm e comprimentos variando entre 2,4 m a 3,2 m; os de seção quadrada podem ter as seguintes dimensões: 5 cm x 5 cm, para madeiras duras e 7,5 cm x 7,5 cm para madeiras menos duras (pinho ou de peroba). Estes pontaletes devem ser inteiros, sendo que possíveis emendas devem obedecer aos critérios estabelecidos na norma, que são:

- Cada pontalete só pode ter uma emenda;
- A emenda só poderá ser feita no terço superior ou inferior do pontalete;
- O número de pontaletes com emenda deverá ser inferior a 1/3 do total de pontaletes distribuídos.

Dimensões das chapas compensadas



Padrão alemão = 1,10 m x 2,20 m
Padrão inglês = 1,22 m x 2,44 m (4'x8')

Espessuras comerciais (mm)

6, 8, 10, 12, 15, 20

Número de reaproveitamentos

Resinados	mais de 5 por face (10x)
Plasticados	mais de 15 por face (30x)

Figura 4. Dimensões usuais das chapas compensadas.

As escoras devem ficar apoiadas sobre calços de madeira assentados sobre a terra apiloada, ou sobre o contrapiso de concreto, ficando uma pequena folga entre a escora e o calço para a introdução de cunhas de madeira. Nos acessórios, são utilizadas cunhas de madeira.

2.1.2. Fôrmas Metálicas

Estas fôrmas são formadas, em geral, por chapas metálicas de diversas espessuras, dependendo das dimensões dos elementos a concretar e dos esforços que devem resistir. São indicadas para a fabricação de elementos de concreto pré-moldado, cujas fôrmas são fixas podendo possuir vibradores acoplados. Nas obras, são mais utilizados os tubos metálicos como escoramentos.

Estes tubos são chamados de pontaletes tubulares, que são extensíveis, com ajustes a cada 10 cm, com chapas soldadas na base para servir como calço. Podem ter, no topo, uma chapa também soldada, ou uma chapa em U para servir de apoio às peças de madeira. Embora tenham um custo inicial muito alto, têm como principal vantagem a sua durabilidade.

2.1.3. Fôrmas Mistas

São, em geral, compostas de painéis de madeira com escoramentos metálicos (Figura 5).

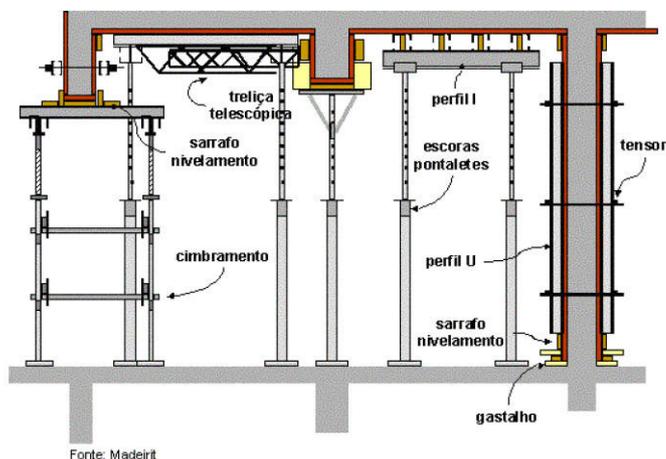


Figura 5. Esquema de fôrmas mistas.

2.2. Execução das Fôrmas

A escolha do tipo de fôrma a ser utilizado numa obra depende dos seguintes fatores:

- Especificação do acabamento superficial
- Características do projeto da estrutura (C.A.);
- Cronograma de execução
- Disponibilidade de Tecnologia
 - Materiais
 - Equipamentos
- Espaço no canteiro de obras
- Porte do Empreendimento
- Disponibilidade de mão-de-obra
- Custos
 - Material
 - Mão-de-obra
 - Equipamentos
 - Características da desforma.

Para que as fôrmas sejam executadas na obra, alguns cuidados devem ser levados em consideração antes da elaboração das mesmas, por exemplo: o recebimento e estocagem das peças brutas de madeira e dos compensados; devem existir o projeto estrutural completo e o projeto de fôrmas, com a indicação das prumadas e embutidos das instalações prediais (água, esgoto, elétrica, telefone, etc.); deve existir no canteiro de obras uma central de fôrmas (carpintaria) com todos os equipamentos e bancadas necessárias. Devem-se ainda seguir as seguintes condições:

- Obedecer rigorosamente à planta de formas do projeto estrutural;
- As fôrmas devem ser dimensionadas para resistir aos seguintes esforços:
 - Peso próprio das fôrmas (20 kgf/m^3);
 - Peso próprio do concreto (2400 kgf/m^3);
 - Peso próprio dos operários e equipamentos (100 kgf/m^2);
 - Vibrações devido ao adensamento do concreto;
- As fôrmas devem ser estanques, não permitindo a passagem de argamassa pelas frestas das tábuas;
- Devem ser executadas de tal maneira que possibilite o maior número de reutilizações, proporcionando economia no material e na mão-de-obra.

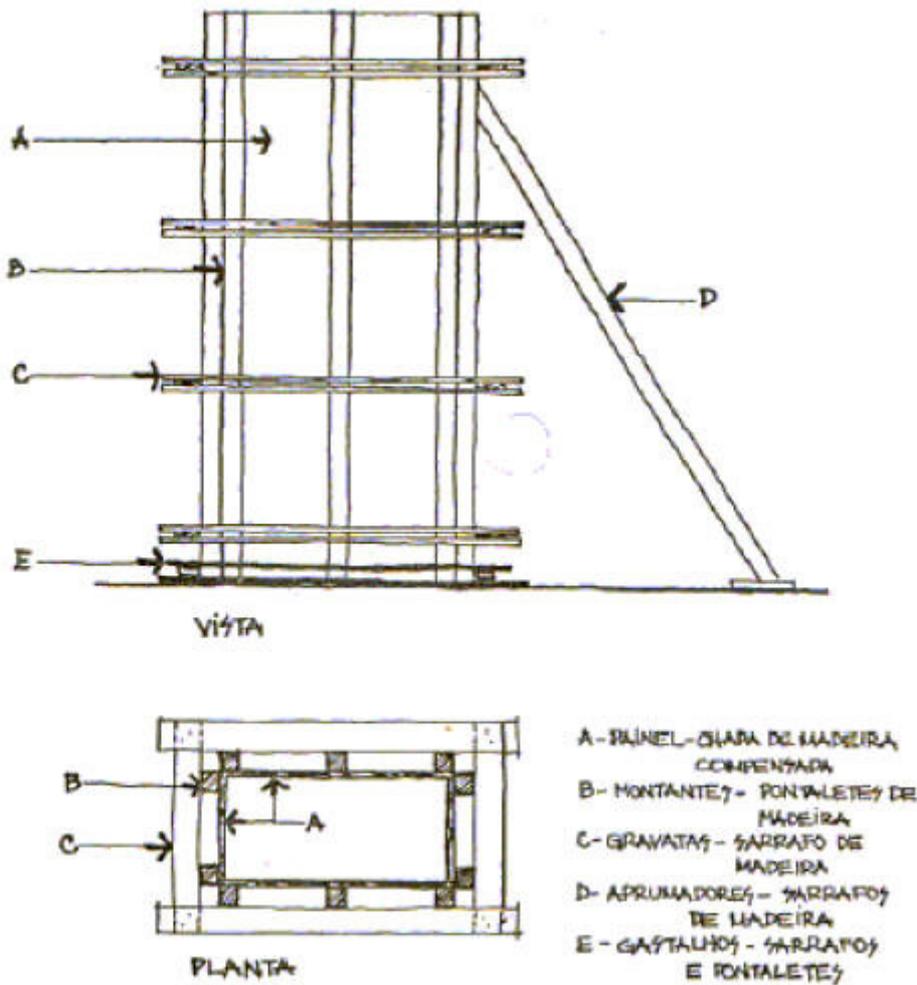


Figura 6. Fôrma do pilar.

2.2.1. Fôrmas de Pilares

Os pilares podem apresentar seções as mais variadas, porém as mais comuns são a quadrada e a retangular. As fôrmas são formadas por painéis verticais ligados por gravatas (Figura 6).

Estas gravatas são destinadas a reforçar os painéis, para que resistam aos esforços que nelas atuam quando do lançamento do concreto.

A única carga atuante nas paredes laterais do pilar (painéis) é a pressão do concreto fresco, que é dada pela seguinte equação:

$$P_{\text{máx}} = 7,2 + \frac{785 \cdot R}{T + 17,8} \quad (1)$$

onde $P_{\text{máx}}$ é o empuxo máximo em kN/m^2 ; R é a velocidade de lançamento do concreto na fôrma em m/h ; e T é a temperatura do concreto na fôrma em $^{\circ}\text{C}$. $P_{\text{máx}}$ deve ser menor do que um valor limite dado por:

$$P_{\text{máx}} < \gamma \cdot h \quad (2)$$

onde γ é o peso específico do concreto e h é altura do pilar.

O dimensionamento da fôrma do pilar consiste em calcular o espaçamento entre as gravatas, considerando os painéis como vigas contínuas apoiadas nas travessas das gravatas. O vão entre dois apoios, calculado verificando-se a resistência da viga bi-apoiada, é dado por:

$$l = \sqrt{\frac{8W\sigma_{adm}}{q}} \quad (3)$$

sendo que W é o módulo resistente que, para uma seção retangular, é dado por:

$$W = \frac{bh^2}{6}; \quad (4)$$

l é a distância entre os apoios (gravatas), b é o maior lado do pilar e q é a carga distribuída aplicada. Verifica-se agora a deformação (flecha máxima da viga bi-apoiada) dos painéis, considerando a situação de cura do concreto e peças revestidas, utilizando a seguinte fórmula:

$$l = \sqrt[3]{\frac{185EI}{300q}} \quad (5)$$

onde EI é a resistência à flexão, sendo que I é o momento de inércia da seção do pilar. Se o pilar for aparente, a equação (5) torna-se

$$l = \sqrt[3]{\frac{185EI}{500q}} \quad (6)$$

Em geral, após certo limite, reforçam-se as gravatas com tirantes de ferro, ou outro tipo de reforço, a fim de dividir o vão das travessas em duas ou mais partes e reduzir os momentos fletores a que estão sujeitas. A Figura 7 e Figura 8 mostram dois tipos de reforços que podem ser utilizados: com tensores e barras de ancoragem, respectivamente.

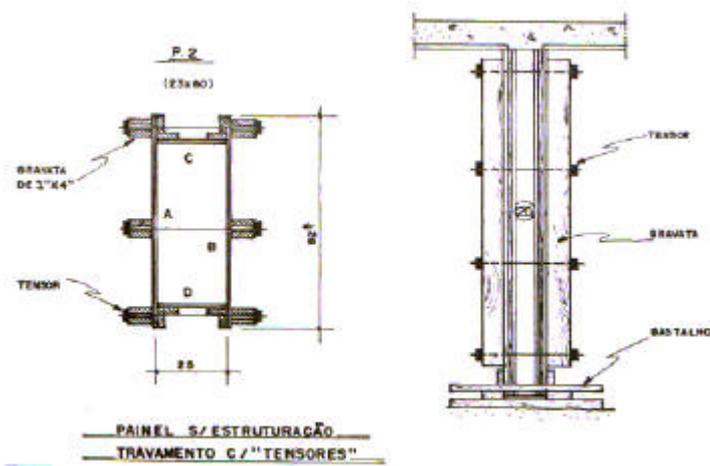


Figura 7. Reforço das travessas por meio de tensores.

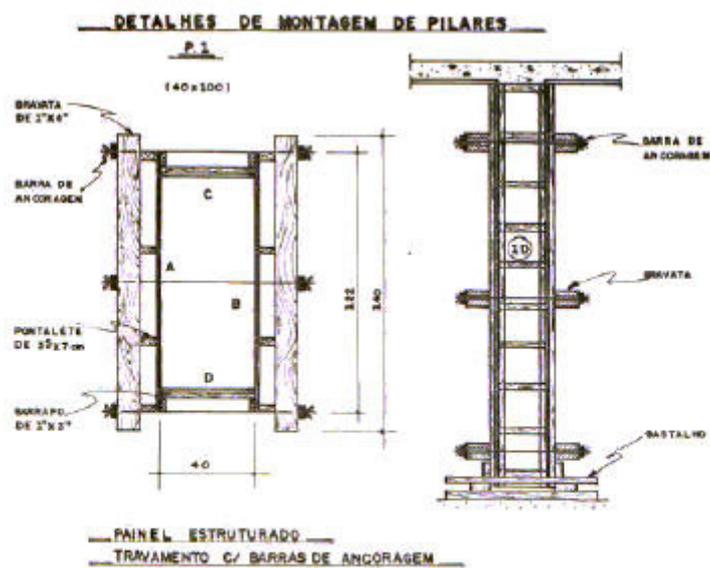


Figura 8. Reforço das travessas por meio de barras de ancoragem.

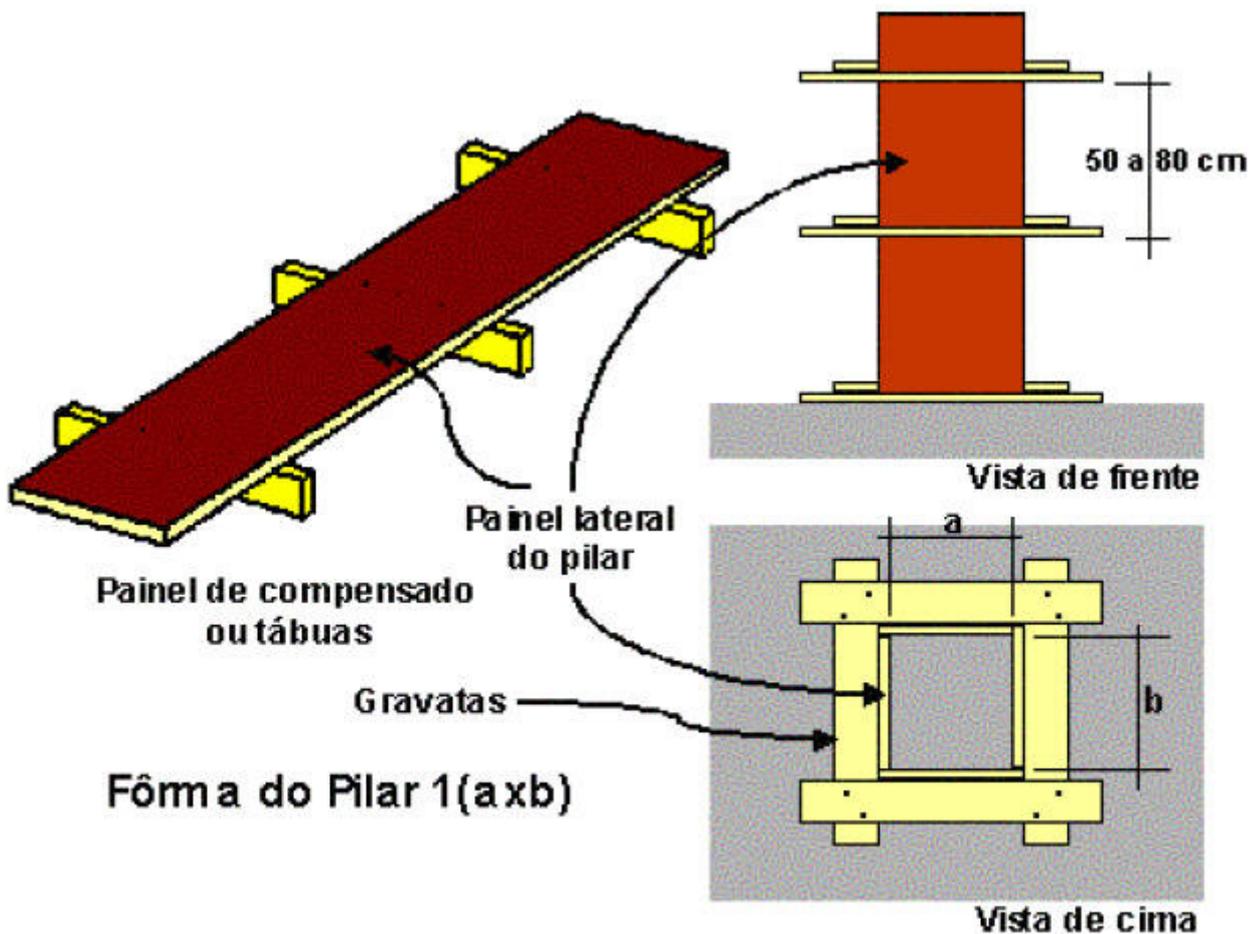


Figura 9. Execução da fôrma do pilar.

Execução (Figura 9):

- a) Eixos e nível transferidos para a laje (conferidos e liberados com trena metálica);
- b) marcar e fixar os ganchos nos tacos (colocados na concretagem da laje) a partir dos eixos sem se preocupar com o nível;
- c) apicoar o concreto na base interna do gancho a fim de remover a nata de cimento;
- d) fixar um pontalete guia, travando no gancho e apurando de acordo com os eixos (2escoras em mão-francesa);
- e) colocar as formas (3 faces) do pilar, cuidando para que fiquem solidarizadas no gancho e apuradas no pontalete guia;
- f) verificar o nível do conjunto marcando no pontalete guia a altura do pilar;
- g) a cada operação conferir prumo, nível e ortogonalidade do conjunto (usando esquadro metálico);
- h) passar desmoldante nas faces internas das fôrmas (caso já tenha sido usada);
- i) conferir e liberar para colocação e montagem da armadura (ver item 3);
- j) depois de colocada a armadura e todos os embutidos (prumadas, caixas etc.) posicionar as galgas e espaçadores a fim de garantir as dimensões internas e o recobrimento da armadura;

k) prever janela de inspeção e limpeza em pilares com mais de 2,5 m de altura;

l) executar o travejamento da fôrma por meio de gravatas, tirantes, tensores, encunhamentos etc., de acordo com as dimensões dos painéis e da carga de lançamento a suportar;

m) conferir todo o conjunto e partes e liberar para concretagem, verificando principalmente: prumo, nível, imobilidade, travejamento, estanqueidade, armaduras, espaçadores, esquadro e limpeza do fundo.

2.2.2. Fôrmas de Vigas

As fôrmas das vigas são formadas pelos dois painéis das faces da viga e pelo painel de fundo.

A ligação entre os painéis das faces da viga e o painel de fundo é feita por meio de gravatas, formadas por três travessas, duas verticais e uma horizontal (Figura 10). As vigas com mísulas podem ter a face da viga acompanhando, ou não, a inclinação do fundo (Figura 11).

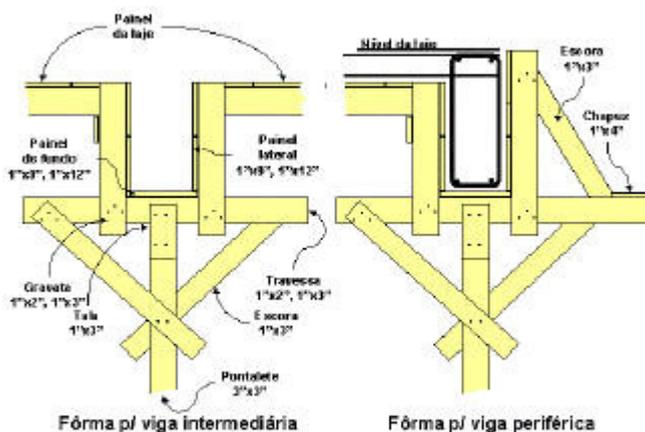


Figura 10. Fôrmas da viga.

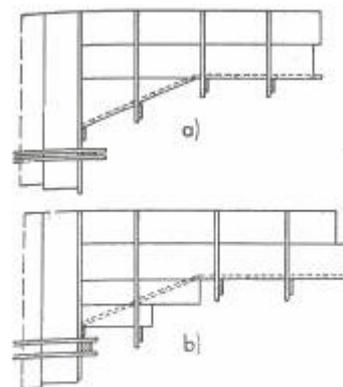


Figura 11. Fôrmas de vigas com mísula.

Estas fôrmas estão ligadas diretamente às fôrmas das lajes, às quais podem ser feitas de vários modos. A mais simples está mostrada na Figura 12 e na Figura 13a, que consiste em pregar as bordas da laje sobre a borda superior da viga.

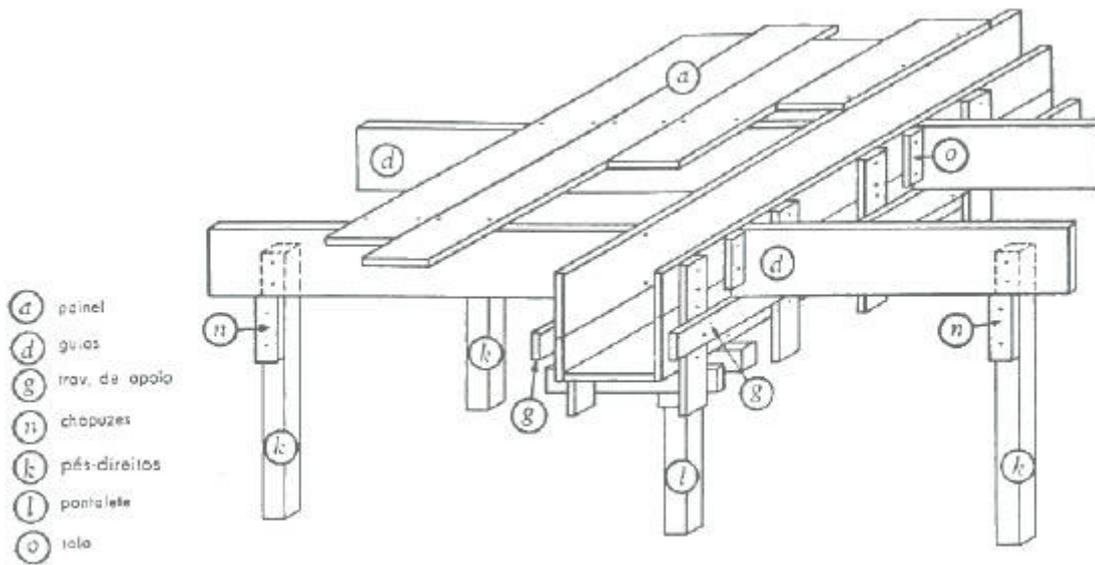


Figura 12. Fôrma da viga com a laje.

Este tipo de ligação dificulta a retirada das tábuas, podendo causar fendas no concreto devido ao empenamento da laje, ou inchamento, provocado pela falta de umedecimento prévio da fôrma. Outra ligação, também muito usada, é o da Figura 13c, que facilita a execução e o nivelamento das fôrmas das vigas, bem como a retirada das tábuas da laje. As ligações da Figura 13b e d eliminam os inconvenientes da Figura 13a, porém, com aumento da mão-de-obra.

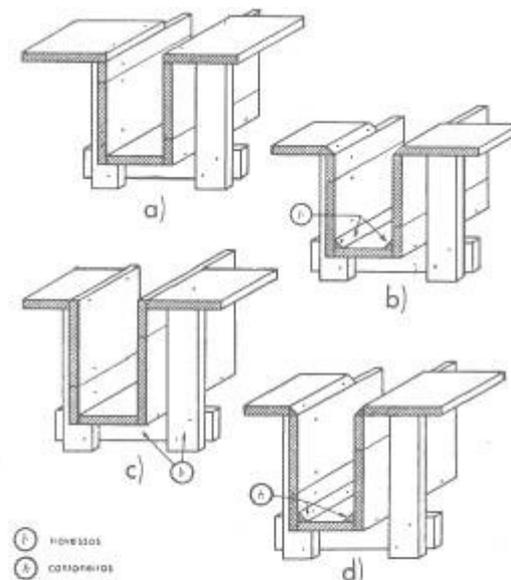


Figura 13. Formas de ligação da viga com a laje.

Nas vigas de perímetro, as extremidades superiores devem ser escoradas (Figura 14).

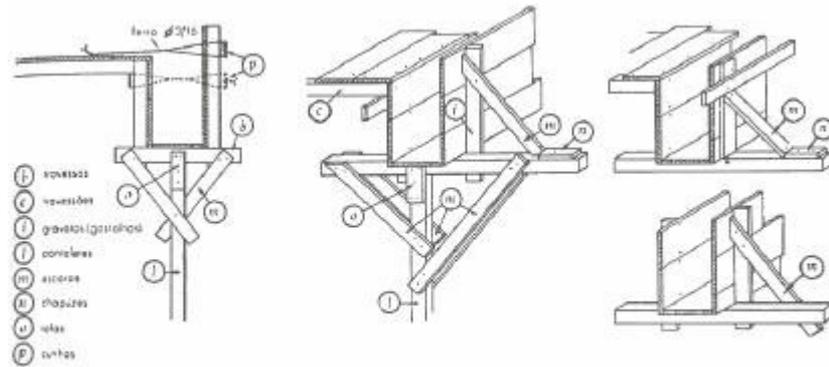


Figura 14. Vigas de extremidade.

As faces das vigas são ligadas às faces do pilar por meio de emendas (Figura 15).

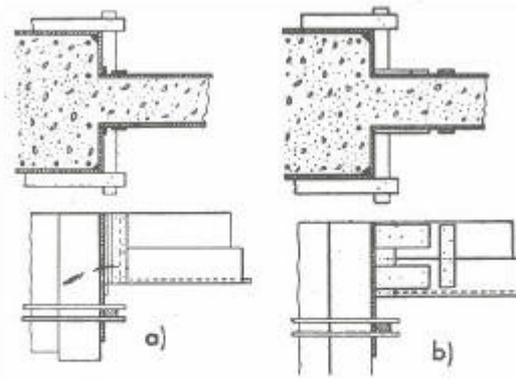


Figura 15. Emendas da fôrma de viga com a fôrma do pilar.

Neste tipo de fôrma, os elementos a serem calculados são: fundo, faces, gravatas. O fundo da viga é formado por tábuas que trabalham como vigas contínuas, apoiadas nas travessas horizontais das gravatas. Estas tábuas suportam a pressão máxima, como mostra a Figura 16.

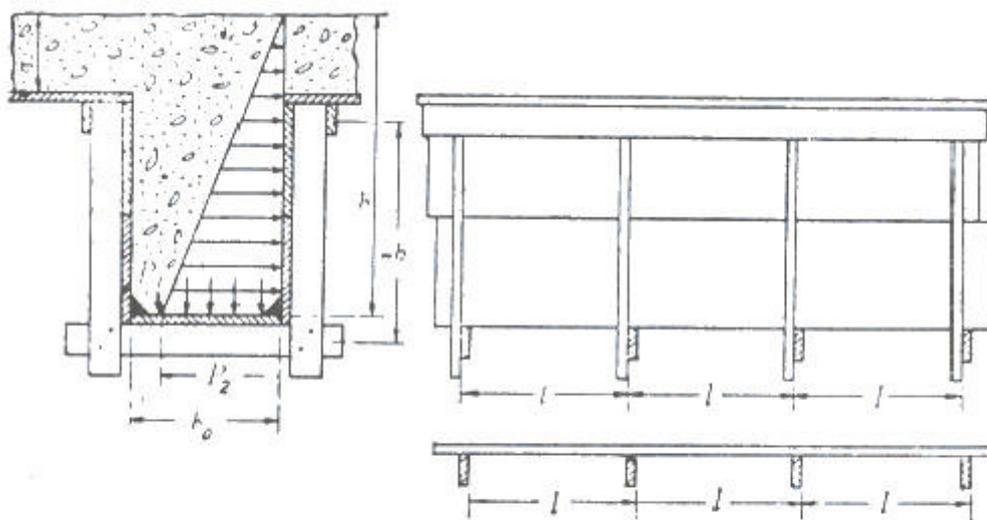


Figura 16. Carga aplicada na viga.

As faces são formadas também por tábuas que trabalham como vigas contínuas, sofrendo pressões menores do que as do fundo da viga, dadas pela equação (1). A travessa horizontal é considerada uma viga livremente apoiada, cujo vão é igual a $b_0 + 0,15$, onde b_0 é a largura interna da fôrma. As travessas verticais também são consideradas livremente apoiadas, cujo vão é igual a altura da viga. É determinado o espaçamento de cada uma das travessas (horizontal e vertical) e, por tentativa, combina-se as duas para formar a gravata.

Estas fôrmas podem ser lançadas após a concretagem dos pilares ou no conjunto de fôrmas: pilares, vigas e lajes, para serem concretadas ao mesmo tempo. Execução (Figura 17):

a) depois da limpeza dos painéis das vigas, deve-se passar desmoldante com rolo ou broxa (providenciar a limpeza logo depois da desmoldagem dos elementos de concreto, armazenando os painéis de forma adequada para impedir empenamento);

b) lançar os painéis de fundo de vigas sobre a cabeça dos pilares ou sobre a borda das fôrmas dos pilares, providenciando apoios intermediários com garfos (espaçamento mínimo de 80 cm);

c) fixar os encontros dos painéis de fundo das vigas nos pilares cuidando pra que não ocorram folgas (verificar prumo e nível);

d) nivelar os painéis de fundo com cunhas aplicadas nas bases dos garfos e fixando o nível com sarrafos pregados nos garfos (repetir nos outros garfos até que todo o conjunto fique nivelado);

e) lançar e fixar os painéis laterais;

f) conferir e liberar para colocação e montagem da armadura (ver item 3);

g) depois de colocada a armadura e todos os embutidos (prumadas, caixas etc.) posicionar as galgas e espaçadores a fim de garantir as dimensões internas e o recobrimento da armadura;

h) dependendo do tipo de viga (intermediária ou periférica) executar o travejamento da fôrma por meio de escoras inclinadas, chapuzes, tirantes, tensores, encunhamentos etc., de acordo com as dimensões dos painéis e da carga de lançamento a suportar;

i) conferir todo o conjunto e partes e liberar para concretagem, verificando principalmente: alinhamento lateral, prumo, nível, imobilidade, travejamento, estanqueidade, armaduras, espaçadores, esquadro e limpeza do fundo.

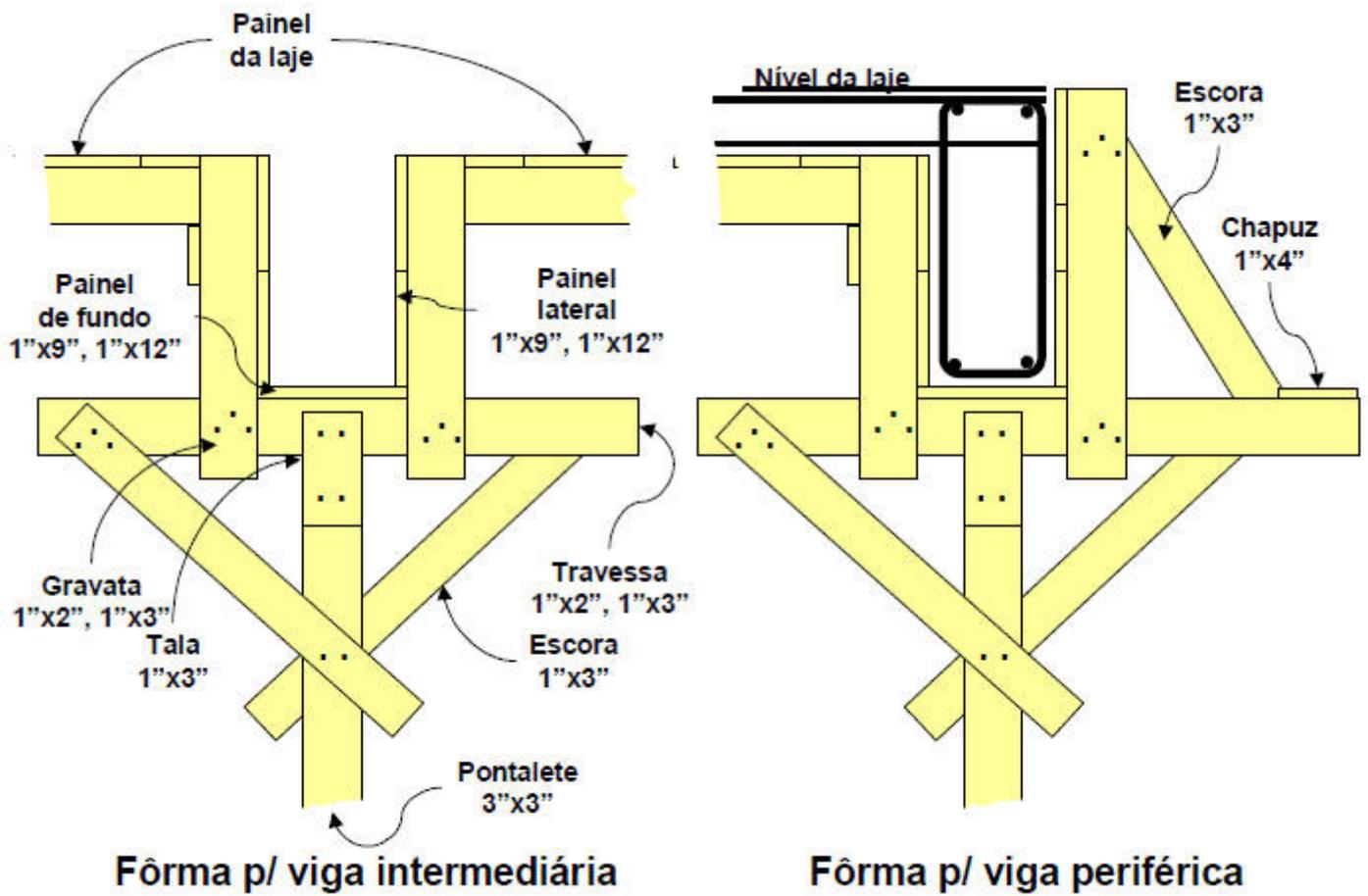


Figura 17. Execução da fôrma da viga.

2.2.3. FÔRMAS DE LAJES

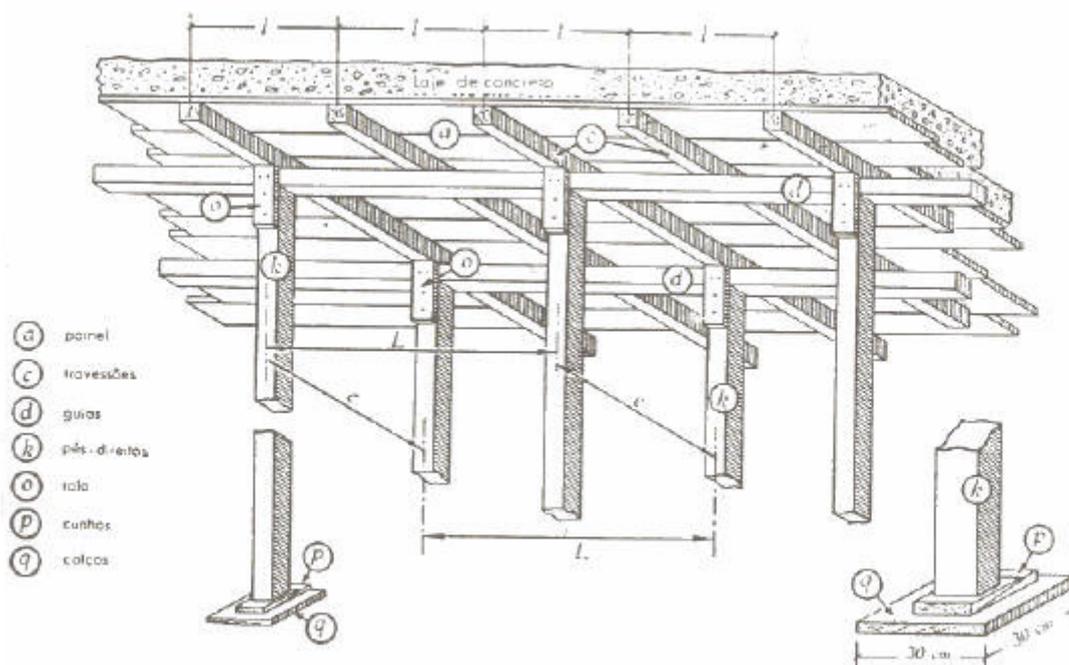


Figura 18. Fôrma de laje: tábuas apoiadas sobre travessões e apoiados por guias transversais.

As fôrmas das lajes são formadas por tábuas deitadas e justapostas que se apóiam nos escoramentos. A carga que estas tábuas devem suportar é a soma do peso próprio do concreto, o peso próprio das fôrmas e a sobrecarga, constituída pelo peso dos operários e dos equipamentos. O escoramento destas tábuas pode ser feito de dois modos: tábuas apoiadas sobre travessões equidistantes, suportadas por guias transversais (Figura 18) e tábuas apoiadas sobre as guias (Figura 19).

Os elementos a serem calculados são: o vão das tábuas (espaçamento dos travessões, no primeiro caso, ou das guias, no segundo); o vão dos travessões (espaçamento das guias); o vão das guias (espaçamento dos pés-direitos); e o comprimento admissível dos pés-direitos entre os nós do travamento. Neste caso, se utiliza as fórmulas dadas pela equação (3), para verificar a resistência, e as equações (5) e (6), para verificar a deformação.

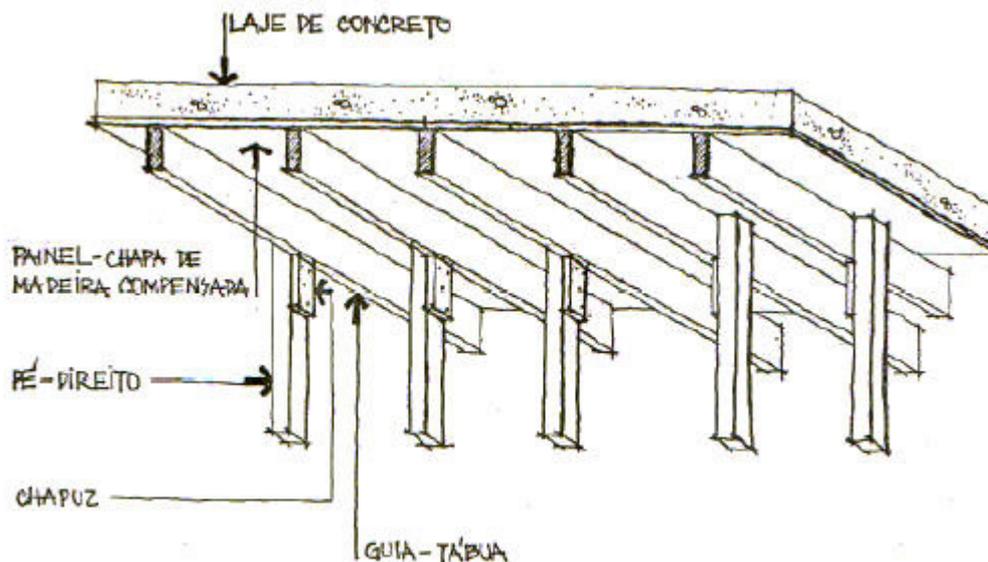


Figura 19. Fôrma de laje: tábuas apoiadas diretamente sobre as guias.

Os procedimentos para lançamento das fôrmas das lajes dependem do tipo de laje que vai ser executada e, em geral, fazem parte do conjunto de atividades da execução das fôrmas das vigas e pilares. A exceção das lajes pré-moldadas, que são lançadas após a concretagem das vigas, nos demais casos (lajes pré-fabricadas, moldadas no local, celulares, etc.) são executadas em conjunto com as vigas, para que sejam solidarizadas na concretagem.

Execução (Figura 20):

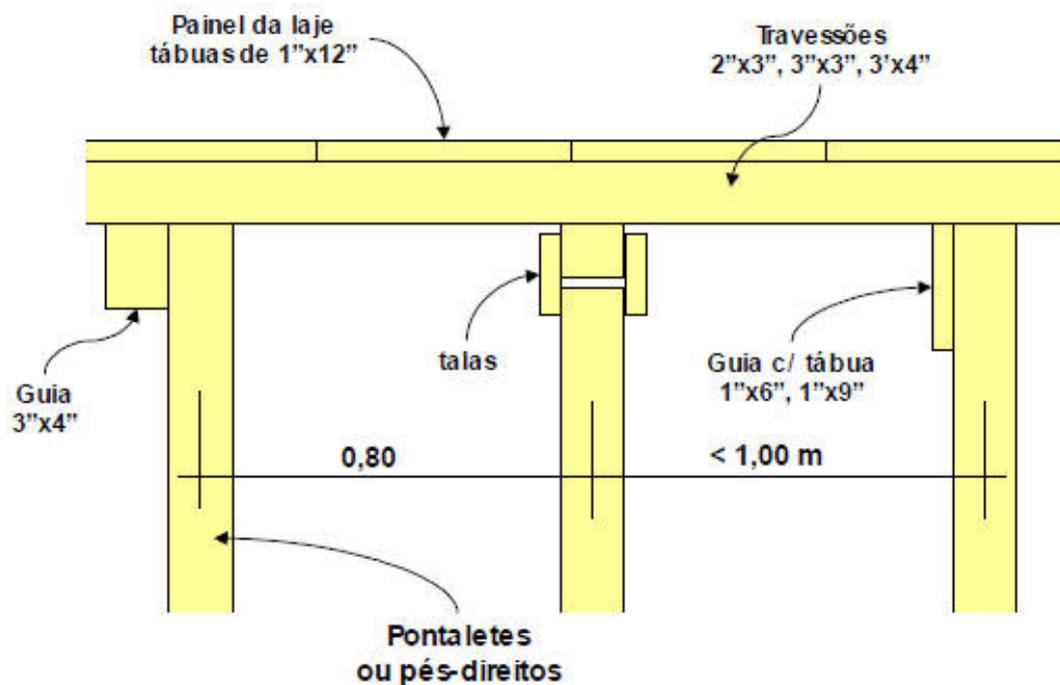


Figura 20. Execução da fôrma da laje.

- lançar e fixar as longarinas apoiadas em sarrafos-guias, pregados nos garfos das vigas;
- providenciar o escoramento mínimo para as longarinas por meio de escoras de madeira ou de metal (1 a cada 2 metros);
- lançar o assoalho (chapas compensadas ou tábuas de madeira) sobre as longarinas;
- conferir o nível dos painéis do assoalho fazendo os ajustes por meio de cunhas nas escoras ou ajustes nos telescópios;
- fixar os elementos laterais a fim de reduzir e eliminar as folgas e pregar o assoalho nas longarinas;
- verificar a contra-flecha e, se for o caso de laje-zero, nivelar usando um aparelho de nível (laser) a fim de garantir a exatidão no nivelamento;
- travar o conjunto todo;
- limpar e passar desmoldante;
- conferir nos projetos das instalações os pontos de passagens, prumadas, caixas, embutidos etc.;
- liberar para execução da armadura (ver item 3);
- conferir todo o conjunto e partes antes de liberar para concretagem, verificando principalmente: nivelamento, contra-flecha, alinhamento lateral, imobilidade, travejamento, estanqueidade, armaduras, espaçadores, esquadro e limpeza do fundo.

2.2.4. FÔRMAS DE PAREDES

As fôrmas de vigas-parede são constituídas de dois painéis horizontais ligados por travessas horizontais (Figura 21). São calculadas como vigas de grande altura, devendo-se determinar o tipo e o espaçamento das travessas verticais. Este espaçamento é limitado pela resistência das tábuas (painéis).

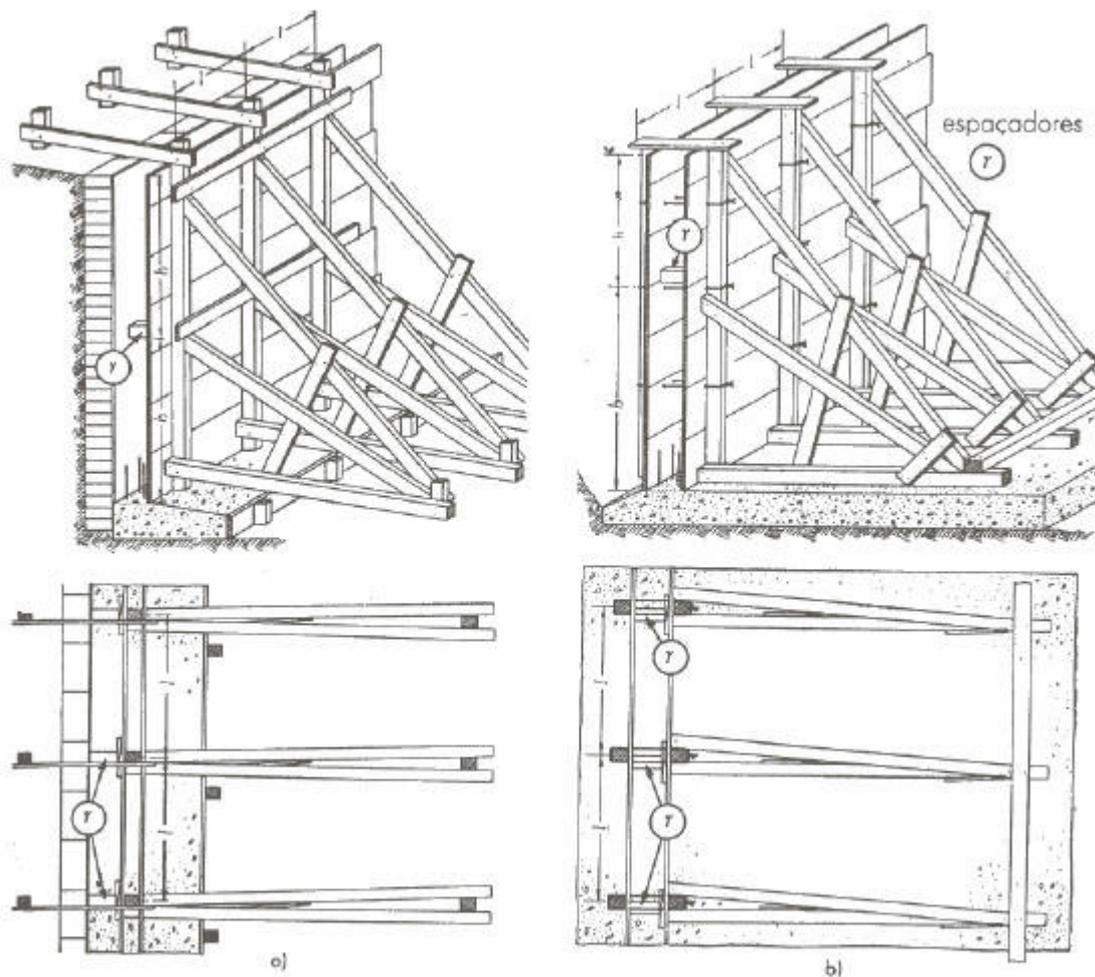


Figura 21. Fôrmas de paredes.

2.2.5. Fôrmas para Fundações

As fôrmas das fundações (Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25, Figura 26, Figura 27) estão limitadas aos painéis laterais e são calculados como no caso das fôrmas das paredes.

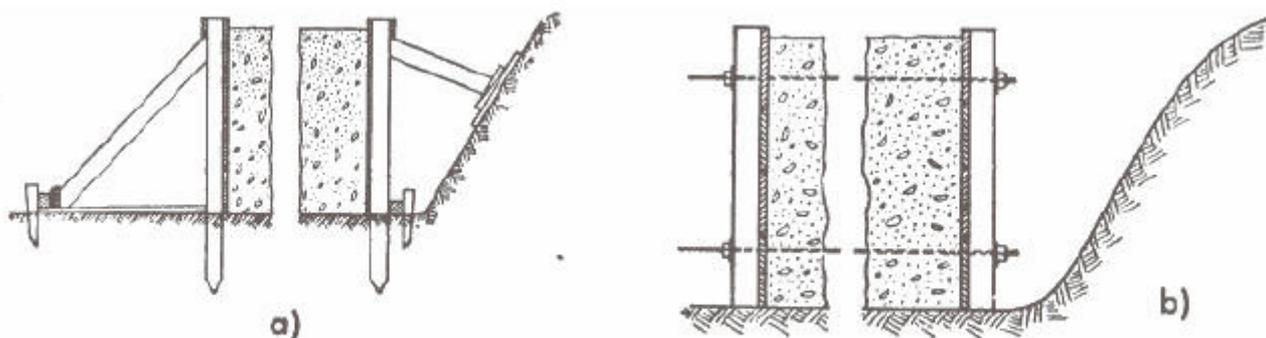


Figura 22. Fôrmas de alicerces.

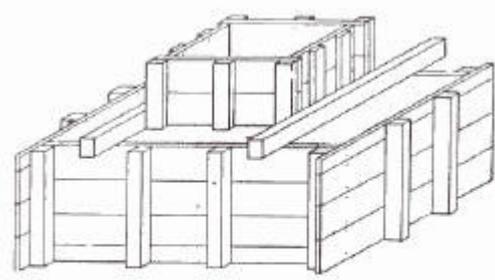


Figura 23. Fôrma de bloco.

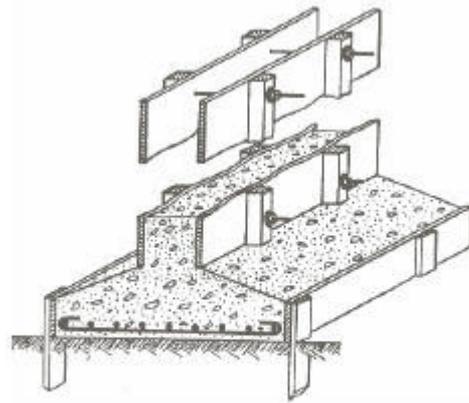


Figura 24. Fôrma de sapata corrida.

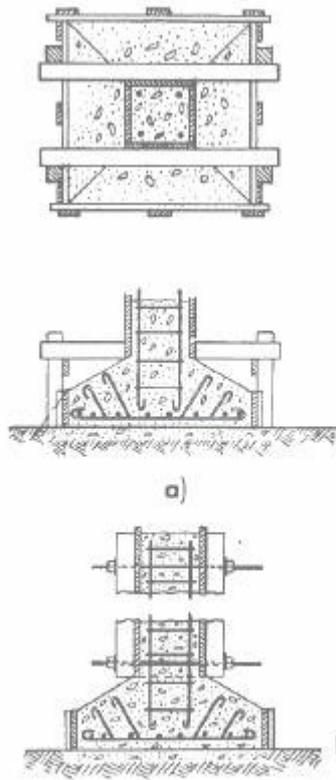


Figura 25. Fôrma de sapata isolada.

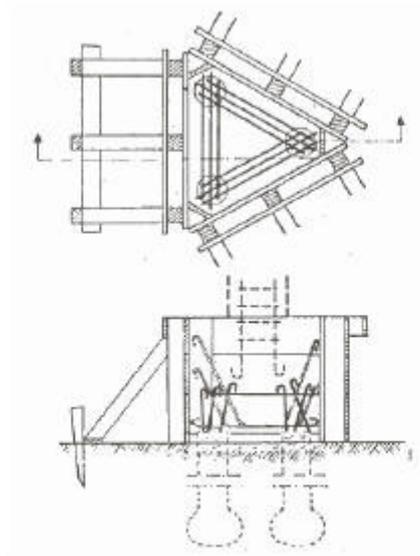


Figura 26. Fôrma de amarração de estacas.

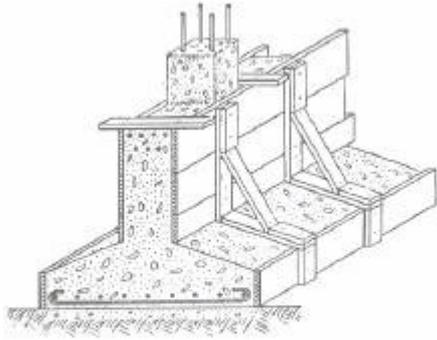


Figura 27. Fôrmas de sapata associada.

2.2.6. Fôrmas para Escadas

As fôrmas das escadas variam de acordo com o tipo de escada. Para escadas retas, são executadas da mesma maneira que às lajes (Figura 28): os lances da escada são painéis inclinados e limitados lateralmente por tábuas pregadas a cutelo, formando os espelhos dos degraus; no piso da escada podem-se dispensar as tábuas para concreto não muito plástico; os espelhos são formados por tábuas ligadas umas às outras por sarrafos (borda superior) longitudinais.

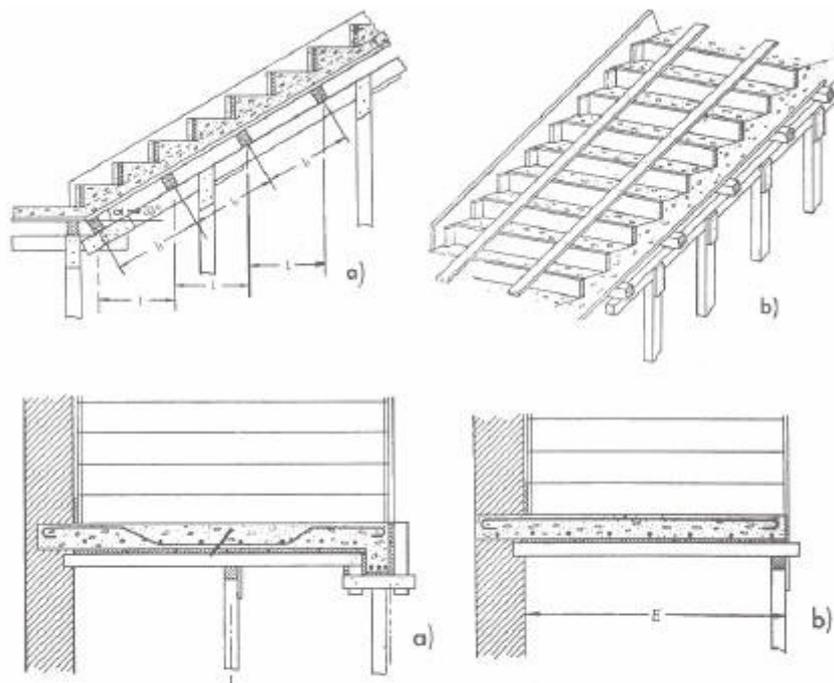


Figura 28. Fôrmas de escadas.

2.3. PRAZO PARA DESFORMA

Tabela 1. Prazo de desforma segundo a norma.

TIPOS DE FÔRMAS	PRAZO DE DESFORMA	
	Concreto Comum	Concreto de ARI
Paredes, pilares e faces laterais de vigas	3 dias	2 dias
Lajes de até 10 cm de espessura	7 dias	3 dias
Faces inferiores das vigas com re-escoramento	14 dias	7 dias
Lajes com mais de 10 cm de espessura e faces inferiores das vigas com menos de 10 m de vão	21 dias	7 dias
Arcos e faces inferiores de vigas com mais de 10 m de vão	28 dias	10 dias

A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita depois que o concreto estiver endurecido, a fim de que este possa resistir aos esforços que nele irão atuar. Um planejamento prévio de desforma pode reduzir custos, prazos e melhorar a qualidade. A desforma deve ser progressiva para que não ocorra o aparecimento de fissuras e trincas. A tabela a seguir mostra os prazos de desforma especificados pela norma, tanto para concretos feitos com cimento portland comum e cura úmida, como para concretos aditivados (cimento com alta resistência inicial).

3. ARMADURAS

A fase de armação das estruturas, ou colocação das ferragens, é uma das mais importantes numa obra, exigindo cuidadosa atenção do engenheiro nos mínimos detalhes. É, nesta etapa da obra, antes da concretagem, que é providenciado a colocação dos embutidos (tubulações de água, eletrodutos e caixas nas lajes e passagens nas vigas, etc.).

Antes de qualquer coisa, deve-se procurar conhecer todos os detalhes do projeto estrutural e das instalações, fazendo revisão de todos os elementos de concreto e, principalmente, conferir toda a ferragem.

Os ferros são comprados de acordo com um quadro-resumo, anexado ao projeto, que deve ser conferido antes de processar o pedido de compra.

Os trabalhos de corte, dobragem e montagem das armaduras devem ser feitos por pessoal habilitado, sempre com a supervisão de um encarregado de armação. Essa mão-de-obra é constituída de armadores e ajudantes de armação. Em alguns centros urbanos já é possível terceirizar totalmente as armaduras, contratando empresas especializadas no fornecimento de armaduras prontas.

3.1. Aquisição do Aço

Por ocasião da compra, o engenheiro deve estar atento aos seguintes detalhes: quantidade de cada tipo de aço; fazer uma pesquisa de preços junto aos diversos fornecedores; às condições de pagamento; prazo de entrega.

3.2. Recebimento do Aço

Para receber o material na obra, é necessário planejar o local de armazenagem das barras, levando em consideração seu peso e dimensões. Este local deve suportar o material sem que haja riscos às demais instalações, ou outros serviços já executados. Verificar se as condições de acesso ao local são adequadas, se a carreta e os equipamentos de descarga conseguem manobrar para descarregar as barras no local escolhido, se

haverá necessidade de sinalização e/ou interdição temporária da via pública ou de acessos de particulares vizinhos.

No recebimento, o responsável pela obra deve fiscalizar os seguintes pontos: nota fiscal; quantidade de barras; dimensões das barras; conversão de peso x metro. Em obras de médio e grande porte, recomenda-se retirar amostras para ensaios de tração e dobramento, em laboratório, de acordo com as normas vigentes (NBR 6152, NBR 6153). Se os resultados destes ensaios não forem satisfatórios, a remessa deve ser rejeitada. Alguns grandes fornecedores já entregam o aço com certificado de qualidade, atestando que o produto foi testado nos laboratórios da própria fornecedora ou de uma certificadora conveniada.

3.3. Área de Corte, Dobramento e Montagem

Deve ser previsto, no canteiro de obras, um local adequado para instalar as bancadas de corte, dobra e montagem das armaduras. Em alguns edifícios, estas bancadas são instaladas no subsolo ou no térreo.

A bancada de corte deve ter comprimento suficiente para se trabalhar com barras de 12 metros e, caso não seja possível, instala-se o equipamento de corte (máquina policorte ou tesoura) no próprio local de armazenagem das barras. Essas bancadas devem ser feitas de pranchões de madeira, firmemente fixadas ao solo por meio de cavaletes. Os pinos de dobra devem ter diâmetro entre 3 e 6 vezes o diâmetro da barra a ser dobrada. A montagem pode ser executada em bancadas secundárias feitas de cavaletes de madeira ou de restos de barras de aço.

3.4. Tipos de Aço

Os aços utilizados na construção civil são classificados de acordo com suas características mecânicas e o processo de fabricação (laminação a quente, encruamento por deformação a frio). A seguir, são mostrados os tipos de aço mais comuns, utilizados na confecção de elementos de concreto armado:

- **CA-25 - liso** – são encontrados em barras e rolos. São utilizados em elementos de fundações (estacas brocas e baldrames);
- **CA-50 - nervurado** – são encontrados em barras de 12 m de comprimento. Sendo de boa qualidade, permite fazer emendas com solda a topo (diâmetros de 10 a 40 mm). São indicados para ferragem longitudinal de vigas, pilares, estacas e blocos;
- **CA-60 – liso e com entalhes** – são vendidos em barras rolos ou barras de 12 m. Admitem emendas soldáveis, dobragem e alta resistência e são indicados na produção de vigotas de lajes pré-fabricadas, treliças, armações para tubos, prémoldados, armações em lajes e estribos;
- **Arame recozido** – é utilizado na amarração de vergalhões, sendo encontrado em rolos de 60 kg, 35 kg ou 1 kg;

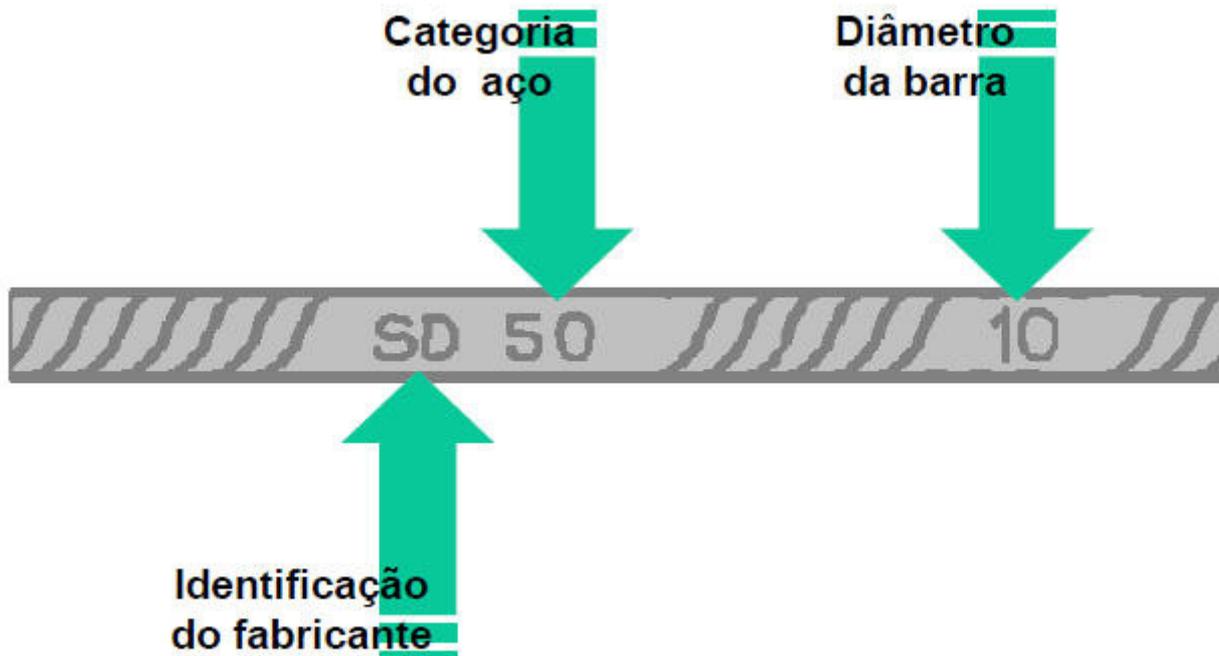


Figura 29. Marcas de laminação em relevo em barras de aço.

- **Telas soldadas** – vendidas em rolos de 60 e 120 m.

Segundo a NBR 7480/96, as barras de aço, de qualquer tipo, com diâmetro igual ou superior a 10 mm devem apresentar marcas de laminação em relevo, indicando a marca do fabricante, a categoria e o diâmetro (Figura 29). Nas barras com diâmetro menor do que 10 mm, a identificação pode ser feita com a pintura de uma das pontas em cores padronizadas.

3.5. Execução

As armaduras são feitas de acordo com o elemento que se quer construir, adaptando-se às características especiais deste elemento.

- **Armaduras de lajes maciças** – consideradas como vigas de pouca altura e grande largura. A armação é feita por uma malha, ou seja, ferros colocados lado a lado nas duas direções. Os ferros não vão até o fim da laje, somente até o apoio, estando a parte central da laje com armação maior (Figura 30).

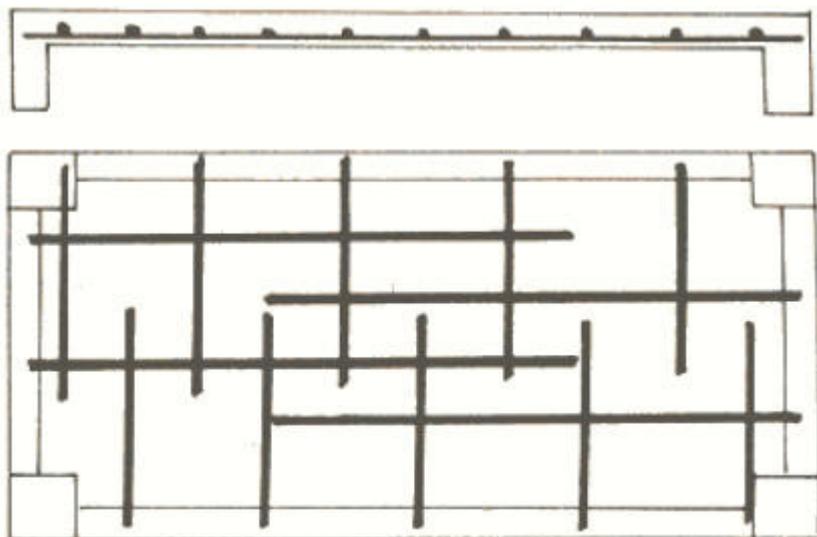


Figura 30. Armadura de laje.

- **Armaduras de vigas** – são constituídas por (Figura 31): armaduras longitudinais superior e inferior, que nas vigas simples são retas ou corridas, e os estribos, considerados como armadura transversal.

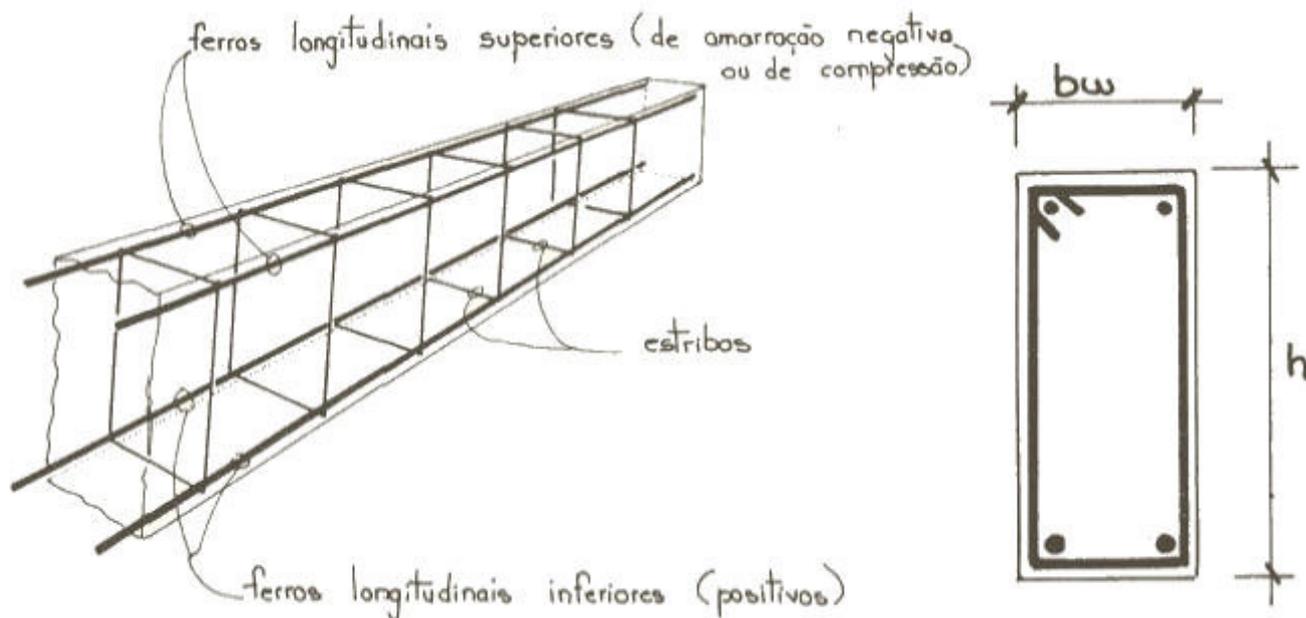


Figura 31. Armadura de viga simples.

Os ferros longitudinais podem ainda ser dobrados , normalmente a 45° , para combater o esforço de cisalhamento (Figura 32).

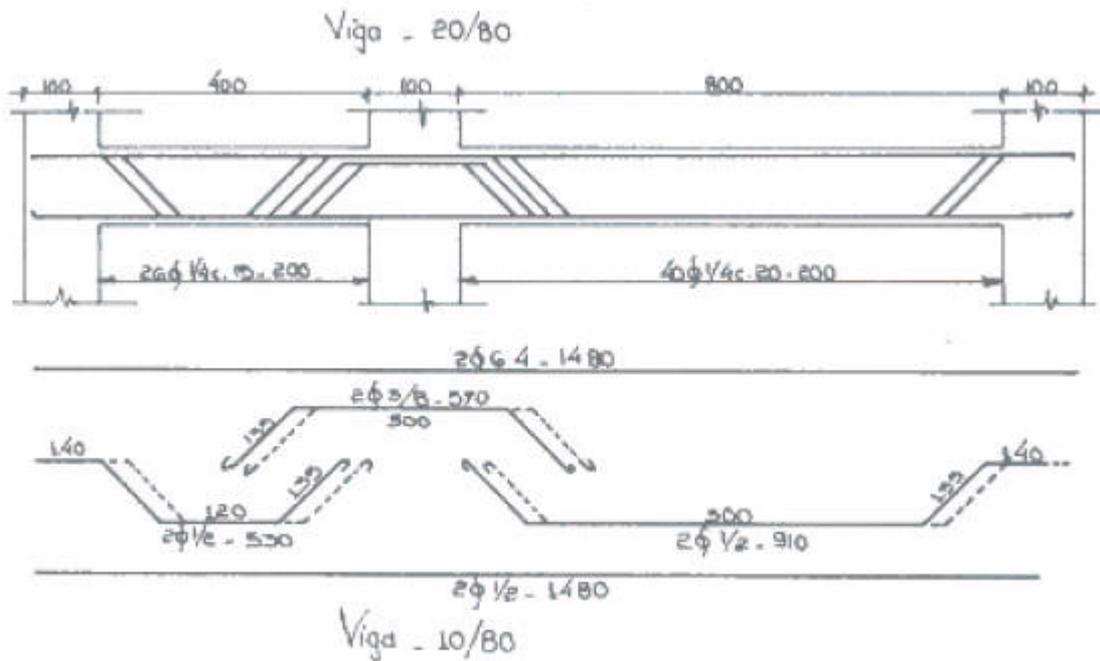


Figura 32. Viga com ferro dobrado.

- **Armaduras de pilares** – formadas por armadura longitudinal, dispostos na vertical para ajudar o concreto a absorver a carga de compressão, e a armadura transversal (estribos), cuja função é manter os ferros longitudinais na posição exata. A disposição destes ferros pode ser observada nas figuras:

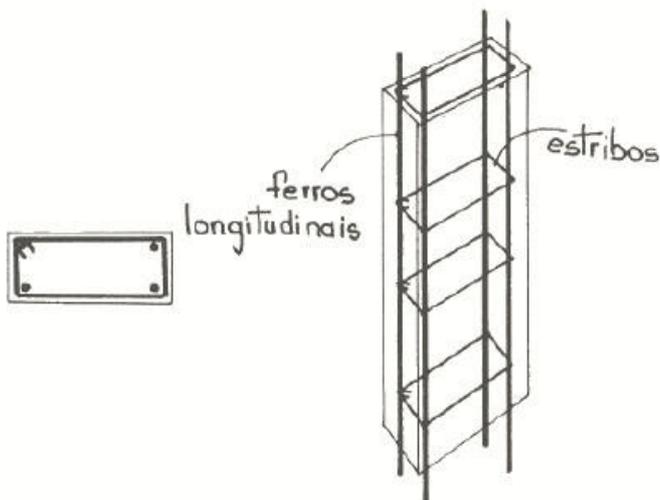


Figura 33. Armadura de pilar.

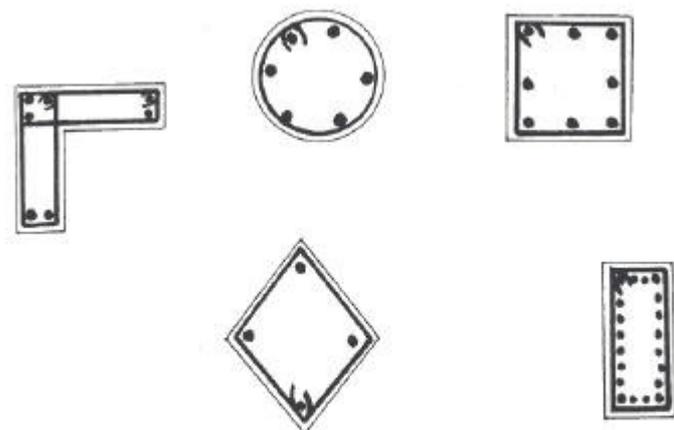


Figura 34. Armadura de outros pilares.

3.5.1. Corte

O corte dos ferros pode ser feito com máquinas manuais ou mecânicas. A seguir, mostram-se algumas destas ferramentas, com seu uso:

- **Arcos e serras de aço rápidas** – indicadas para pequenas obras com lajes pré-fabricadas. Tem como principal vantagem pouco investimento em equipamentos e grande mobilidade, porém, exigem maior tempo de execução e, conseqüentemente, maior custo de mão-de-obra;

- **Tesouras de corte** (Figura 35) – indicadas para obras de pequeno e médio porte com lajes maciças ou mistas. Possibilitam maior rapidez no corte dos vergalhões, porém, exigindo maior esforço humano;

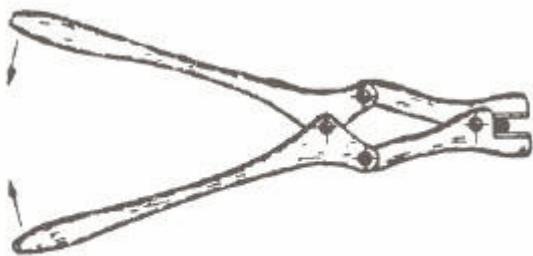


Figura 35. Tesoura de corte.

- **Máquinas de corte** (Figura 36) – indicadas para obras de médio e grande porte, possibilitando o corte de bitolas maiores. Contudo, necessitam serem fixas em um só local;

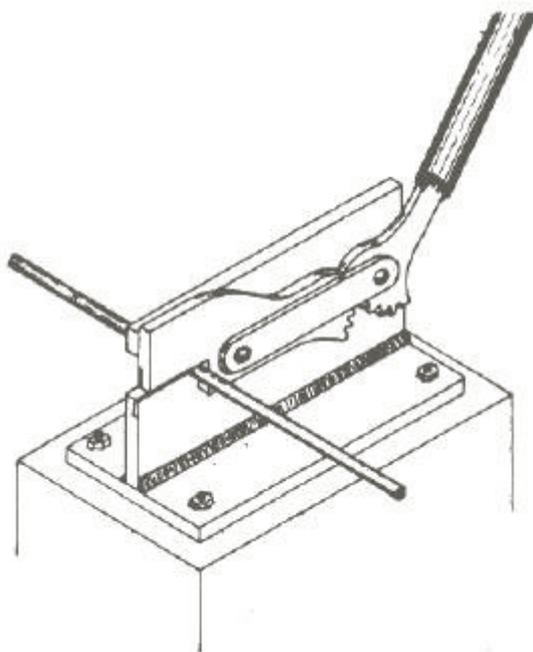


Figura 36. Máquina de corte

- **Serra de corte** - indicada para obras de médio e grande porte, cortando rapidamente qualquer tipo de bitola, no entanto, apresentam o inconveniente do ruído provocado pela alta velocidade do disco.

3.5.2. Dobra

Como já foi dito, a dobragem dos ferros é feita sobre uma bancada (Figura 37) que, dependendo do tipo da obra, utiliza-se dos seguintes equipamentos:

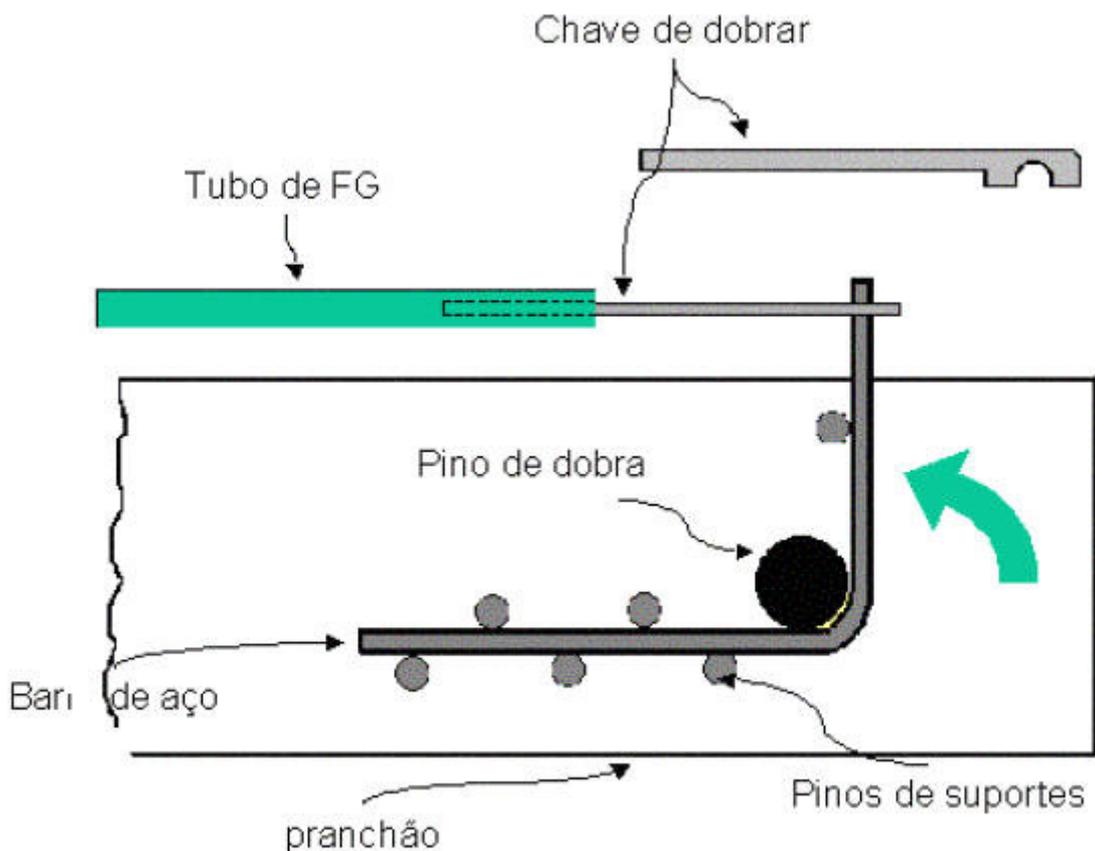


Figura 37. Bancada de dobragem.

- **Pinos de dobragem** – são usados em obras de pequeno e médio porte. Os pinos são feitos de aço, fixados diretamente nos pranchões, servindo de apoio na dobragem dos ferros com uma alavanca (chave ou ferro de dobrar - Figura 38).

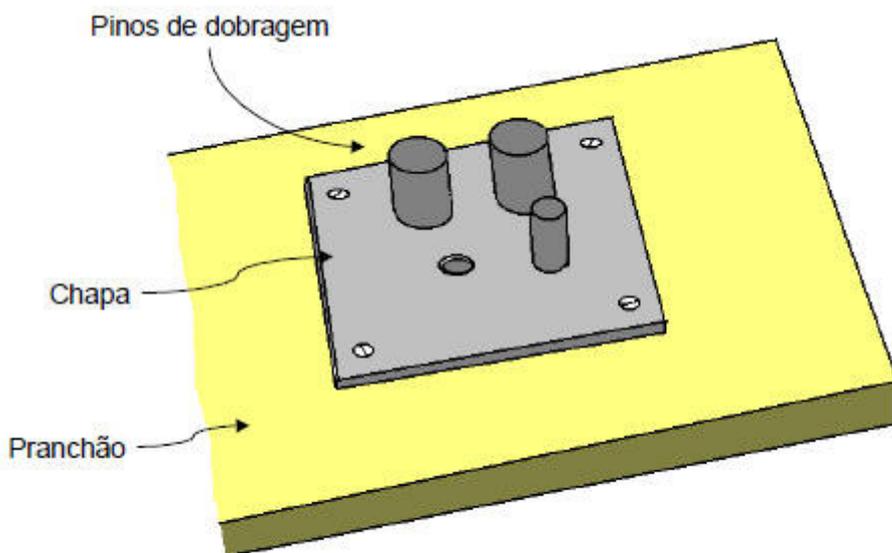


Figura 38. Pinos de dobragem.

- **Chapas de dobrar** – são chapas prontas com pinos de dobragem soldadas, fixas na bancada, servindo de apoio para o uso da ferramenta de dobragem. O diâmetro dos pinos é especificado de acordo com o diâmetro da barra e o tipo de aço a ser dobrado, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Diâmetro do pino de dobra

Diâmetro do aço	Diâmetro do pino de dobra		
	CA-25	CA-50	CA-60
Menor do que 10 mm	3 ϕ	3 ϕ	3 ϕ
Entre 10 a 20 mm	4 ϕ	5 ϕ	6 ϕ
Maior do que 20 mm	5 ϕ	8 ϕ	

- **Máquinas de dobrar** – são utilizadas em obras de médio e grande porte, as quais podem realizar o trabalho de dobragem em série, exigindo mão-de-obra qualificada para operá-la.

3.5.3. Amarração

Depois de cortadas e dobradas, as barras soltas podem ser montadas ou amarradas em feixes, chamados de kits de armaduras (Figura 39), a fim de serem transportadas para o local de montagem. Os kits devem ser identificados, conforme projeto estrutural, por meio de etiquetas a fim de evitar erros de montagem. Cada kit deve conter a armadura de um pilar, ou uma viga, ou de uma laje. O armazenamento destes kits deve ser feito em local livre de passagem de equipamentos; o transporte pode ser feito por guinchos, com os devidos cuidados de manuseio.

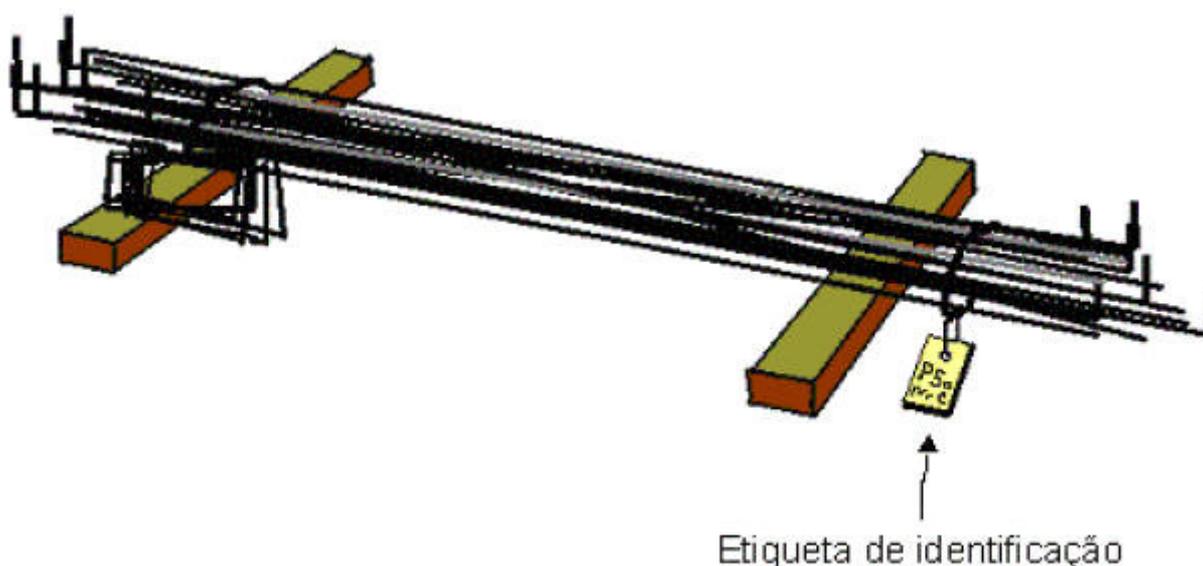


Figura 39. Kit de armadura.

As amarrações são feitas com arame recozido nº 18, em par trançado, executando-se o nó mais apropriado com um torniquete (ferramenta do armador) que, depois de devidamente apertado, é cortado rente ao nó. O tipo de nó a ser usado depende do número de barras concorrentes no ponto de amarração. A seguir exemplificam-se dois destes nós (Figura 40):

- **Nó simples** – usado para amarrar duas barras lisas e de menor bitola. Consiste de apenas um nó, que é comum em solidarizar armaduras de lajes maciças e armaduras de pele;
- **Nó duplo** – usado em bitolas maiores.

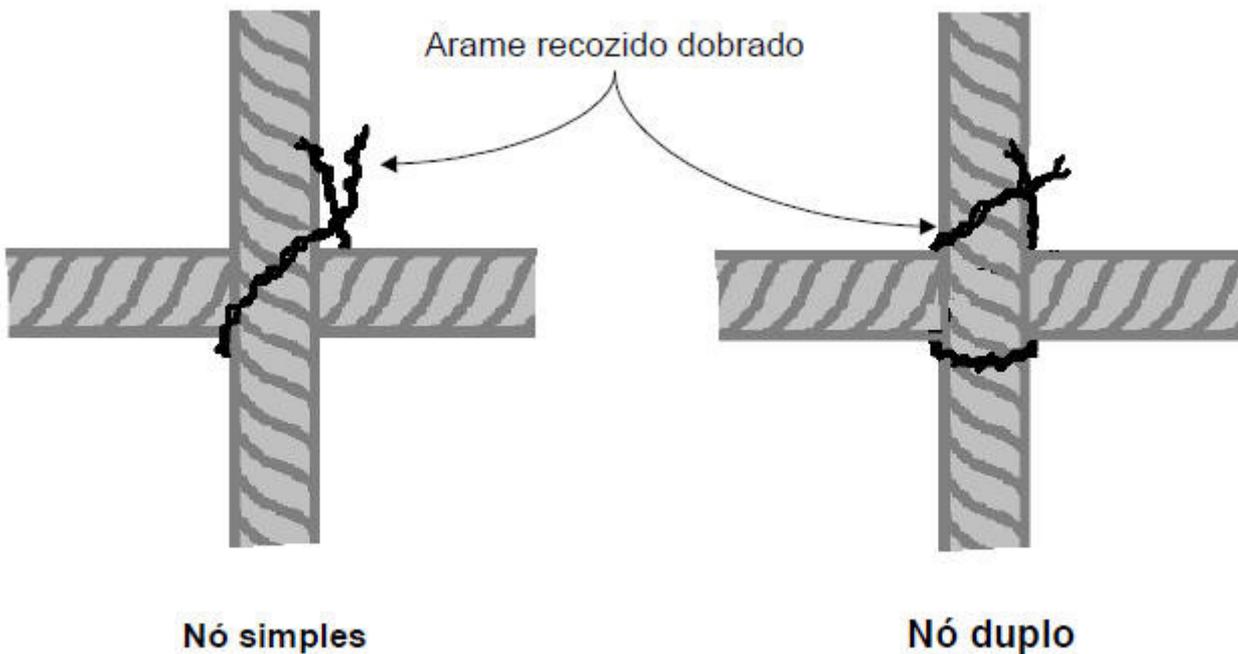


Figura 40. Tipos de nós.

3.5.4. Emendas

Emendas devem ser evitadas, pois, na maior parte das vezes, acrescenta custos e podem comprometer a segurança. No entanto, se estas forem necessárias, recomenda-se consultar o engenheiro calculista.

As emendas podem ser de três tipos:

- **Por transpasse (ou justaposição** - Figura 41) – as barras devem estar desalinhadas e o transpasse mínimo é 80 vezes o diâmetro da barra, sendo que a distância entre elas deve seguir a norma (de acordo com o diâmetro);

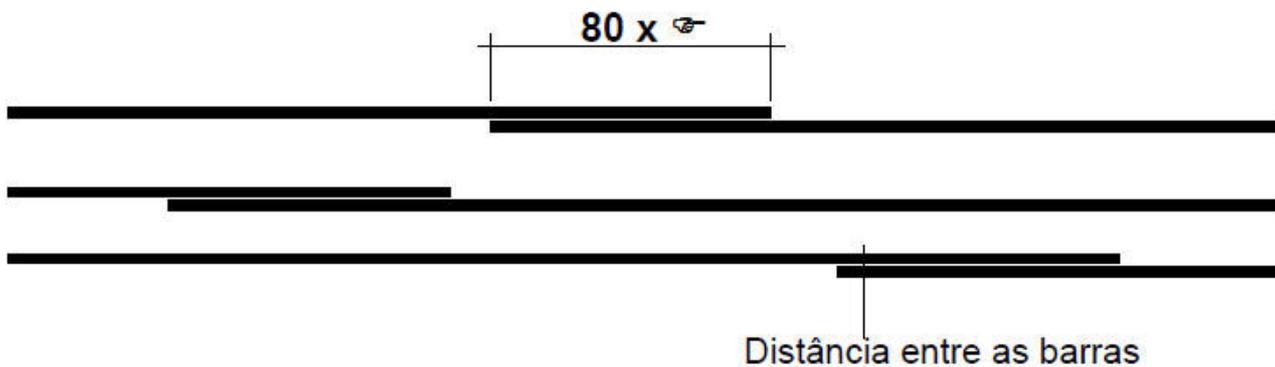


Figura 41. Emendas por transpasse.

- **Com luvas** (Figura 42) – são luvas prensadas e/ou rosqueadas, executadas em oficinas com equipamentos apropriados. Exigem cálculos específicos, feitos para cada situação.



Por prensagem



Por rosqueamento

Figura 42. Emendas com luvas.

- **Por solda** – são executadas e testadas em laboratório segundo normas específicas. A soldagem pode ser feita por caldeamento, por eletrodo (a mais comum), ou por um sistema de cadinhos (moldes).

3.5.5. Montagem

A montagem das armaduras, conforme projeto, pode ser feita em oficina ou no local da obra. A operação de montagem é feita sobre cavaletes ou bancos de carpinteiros especiais. Alguns destes bancos devem ser desmontáveis, tal que facilite a montagem de armaduras de vigas contínuas. A operação compreende as seguintes fases:

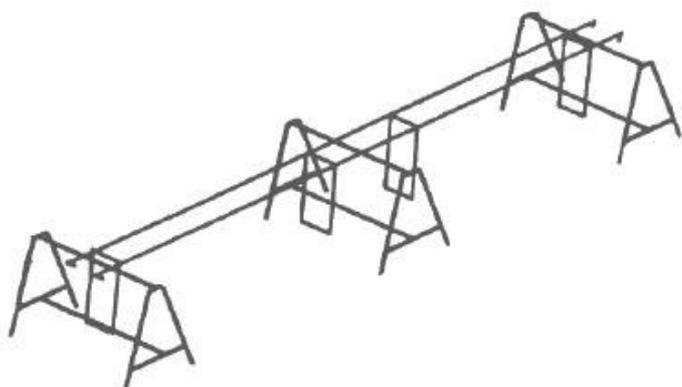


Figura 43. Montagem de armaduras sobre cavaletes – fase 1.

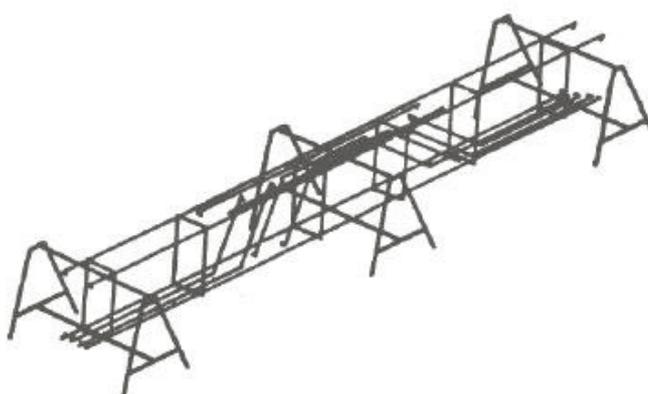


Figura 44. Montagem de armaduras sobre cavaletes – fase 2.

1. Instalação dos bancos ou cavaletes nas suas posições e colocação das armaduras-guia e de alguns estribos (Figura 43).
2. Colocação das barras da armadura principal, começando pelas retas e depois as que mudam de direção, com os respectivos estribos (Figura 44).

Os seguintes cuidados devem ser observados durante a montagem das armaduras:

1. Colocação dos espaçadores – espaçadores ou pastilhas são pequenas peças de plástico, argamassa ou metálicos, usados para garantir o recobrimento mínimo no concreto. São colocados entre a armadura e a fôrma e/ou entre as barras de aço. No caso de pilares e vigas, recomenda-se colocar a armadura na fôrma com, pelo menos, uma das faces já com as pastilhas, pois se torna bem difícil colocá-las depois que a armadura está na fôrma. Nas lajes, colocar no mínimo cinco espaçadores por metro quadrado.
2. Colocação de caranguejos – são espaçadores feitos de pedaços de barras de aço, utilizados na colocação dos ferros negativos.

3. Amarração das armaduras das lajes – as armaduras, neste caso, devem ser amarradas, alternadamente, as barras cruzadas nas lajes (nó sim, nó não), fazendo uma verificação final e realizando ajustes momentos antes da concretagem.

4. Verificar a necessidade de armaduras de pele em vigas e pilares nos pontos próximos às caixas e tubulações.

5. Conferir o posicionamento dos embutidos (caixas, tubulação) e aberturas.

6. Se a armadura for muito densa, evitar fechar totalmente a passagem do vibrador, deixando para colocar eventuais barras no momento do lançamento do concreto.

7. Colocar luvas plásticas nas pontas dos ferros (esperas) para proteger os operários de cortes acidentais.

3.6. Telas Soldadas

São armaduras de aço prontas para serem usadas nas obras, dispensando a amarração dos nós com arame recozido, reduzindo com isso a mão-de-obra. São encontradas em rolos com largura de 2,45 m e comprimento de 60 a 120 m, ou em painéis de 4 x 6 m. As pontas da tela podem ser cortadas para formar cruzetas de ancoragem, sendo que o valor do transpasse é limitado por norma.

4. CONCRETAGEM

Esta é a fase final do processo de elaboração de elementos da infra-estrutura e superestrutura, sendo considerada a mais importante. A concretagem só pode ser liberada para execução depois que as fôrmas estiverem consolidadas e limpas, as armaduras estiverem corretamente dispostas e as instalações embutidas estiverem devidamente posicionadas.

Esta etapa consiste no lançamento, adensamento e cura do concreto, sendo de extrema importância a presença do engenheiro na obra, ou de um técnico ou mestre-de-obra com grande experiência em execução de concretagem. Erros cometidos nesta fase acarretam em grandes prejuízos futuros, sem contar na perda da reputação do profissional e da construtora responsáveis.

4.1. Liberação da Concretagem

Para que a concretagem seja liberada, é necessário estar atento aos seguintes pontos:

1. As estruturas anteriormente concretadas devem estar consolidadas e devidamente escoradas para esse novo carregamento;

2. Dependendo do tipo de concreto (usinado ou feito no canteiro), as condições de acesso dos equipamentos (caminhão-betoneira, carrinhos, jericas, bombas, etc.) devem estar desobstruídas;

3. Fontes de água, tomadas de energia para os adensadores, réguas e iluminação, se for o caso, devem estar disponíveis;

4. As jericas devem se movimentar de forma ininterrupta, com caminhos diferentes para ir e vir, se possível;

5. Os materiais necessários para o controle tecnológico (moldes) devem estar em perfeitas condições (limpos e preparados);

6. Os eixos das fôrmas devem estar conferidos, bem como estas devem estar travadas e escoradas; os pés dos pilares devem estar fechados após a limpeza;

7. As armaduras devem estar conferidas, principalmente, as armaduras negativas; os espaçadores devem estar em quantidade suficiente;

8. Equipes de carpinteiros, armadores e eletricitas devem estar de prontidão durante a concretagem, para que eventuais serviços de reparos e reforços nas fôrmas, armaduras e instalações sejam realizados;
9. Prever a possibilidade de interrupção da concretagem com a necessidade da criação de juntas frias;
10. O nível das mestras e dos gabaritos de rebaixo, bem como o nível das prumadas e aberturas devem estar conferidos, cuidando para que não haja deslocamento dos ferros negativos devido a passagem de carrinhos e pessoas;
11. Planejar antecipadamente a concretagem, estabelecendo intervalos entre os caminhões e/ou betonadas, reprogramando de acordo com o ritmo;
12. Garantir as condições de segurança, interna e externamente à obra, aplicando as recomendações da NR-18;
13. A seqüência de concretagem deve ser planejada e acompanhada, anotando o local onde o material de cada caminhão foi lançado, atentando para que esta termine sempre na caixa da escada ou no ponto de saída da laje.

4.2. Tipos de Concreto

O concreto é um material constituído por um aglomerante misturado com um ou mais agregados (materiais inertes) e água. O aglomerante é o cimento Portland; os agregados são divididos em agregado miúdo (areia e pó de pedra) e agregado graúdo (pedra britada, argila expandida, pedregulhos, etc.). Além destes componentes, podem ser adicionados aditivos que melhoram ou corrigem algumas de suas propriedades.

Quando recém-misturado, possui propriedades plásticas que facilitam o transporte, lançamento e adensamento; quando endurecido, possui propriedades que atendem as especificações de projeto. Se convenientemente tratado, o endurecimento continua a se desenvolver durante muito tempo, mesmo após ter adquirido resistência suficiente para a obra.

O concreto pode ser classificado de acordo com sua finalidade em concreto comum, concreto leve, concreto aditivado, concreto ciclópico e concreto magro. O concreto ciclópico é o concreto comum com grandes pedras, dispostas regularmente em camadas e bem afastadas uma da outra. O concreto magro é usado, em geral, para lastro e consiste de 1 saco de cimento, 8 ½ lata de areia, 11 ½ lata de pedra e 2 latas de água. A seguir, se falará em detalhes dos três primeiros tipos de concreto.

4.2.1. Concreto Comum

É o concreto normalmente utilizado nas estruturas de edifícios e obras de arte normais. Sua mistura pode ser feita no próprio canteiro ou em centrais dosadoras. Estas centrais são também chamadas de concreteiras (concreto usinado).

4.2.1.1 Preparação no Canteiro

A preparação do concreto no canteiro pode ser feita manualmente ou mecanicamente (betoneiras). O primeiro exige um grande esforço da mão-de-obra, sendo indicado para pequenas obras e serviços. Sua qualidade é apenas razoável, sem qualquer garantia da resistência desejada, sendo misturado numa superfície resistente (livre de partes soltas), plana, limpa e impermeável.

Execução do Concreto Manual (Figura 45):

1. Espalhar a areia sobre a superfície, formando uma camada de 15 cm;
2. Espalhar o cimento sobre a camada de areia;
3. Misturar a areia e o cimento até obter uma cor homogênea;

4. Formar uma camada de mais ou menos 15 cm;
5. Espalhar a pedra sobre a camada e misture tudo;
6. Depois de bem misturado (cor homogênea), formar um monte com um buraco no meio (boca de um vulcão);
7. Despejar água aos poucos e misturar vigorosamente até obter a consistência desejada;
8. Depois de colocada toda a água, continuar misturando, pois assim o concreto ficará mais mole.



Figura 45. Execução manual do concreto.

O concreto misturado em betoneira simplifica o processo de mistura, obtendo-se um material de melhor qualidade do que o primeiro. O tempo de carregamento do material deve ser o mínimo possível (um minuto) e o tempo de mistura deve ser, no mínimo, de três minutos.

Execução do Concreto em Betoneira:

1. Betoneiras com carregamento direto (Figura 46) – neste caso, a mistura, para um saco de cimento, é feita com a betoneira girando:
 - a. adicionar água;
 - b. adicionar agregado graúdo;
 - c. adicionar o cimento;

d. adicionar a areia.

2. betoneiras com carregamento por caçambas (Figura 46) e água adicionada concomitantemente (meio a meio):

a. adicionar metade do agregado graúdo;

b. adicionar areia;

c. adicionar cimento;

d. adicionar o restante do agregado graúdo.



Figura 46. Betoneiras.

4.2.1.2 Concreto Usinado

Na central dosadora, as instalações são preparadas para a produção em escala, sendo constituídas de silos armazenadores, balanças, correias transportadoras e equipamentos de controle. Na maioria dos casos, em obras urbanas, a mistura é feita no próprio caminhão, durante o trajeto entre a central de concreto e a obra. Em obras de grande porte, como barragens e estradas, as centrais fazem a mistura e o material é transportado por guias e caçambas.

Vantagens: economia de materiais (menor perda de areia, brita e cimento); maior controle tecnológico dos materiais, dosagem, resistência e consistência, com melhor qualidade; racionalização do número de ajudantes na obra, conseqüentemente com menores encargos trabalhistas; melhor produtividade da equipe; redução no controle de suprimentos e eliminação de áreas de estoque no canteiro; redução do custo da obra.

Na hora da compra, o fornecedor escolhido deve atender, além dos critérios comerciais (preço, prazo de pagamento, entrega, credibilidade, etc.), às prescrições das normas técnicas pertinentes e as devidas taxas do CREA (ART da concreteira).

Os lotes de concreto são definidos em função do tipo de estrutura, da solicitação e quantidade (NBR – 12655). Na compra dos lotes, o contratante deve exigir do fornecedor que venham registradas as seguintes informações na nota fiscal:

1. Especificação do concreto (tipo de cimento, traço, teor de argamassa, etc.);
2. Resistências características (no mínimo aos 28 dias);
3. Módulo de elasticidade;
4. Consistência;
5. Dimensão máxima do agregado graúdo;
6. Consumo mínimo de cimento;
7. Fator água-cimento;
8. Aditivos;
9. Volume;
10. Preço unitário e total;
11. Hora de saída do caminhão da central.

4.2.2. Concreto Leve

Este concreto é composto com agregados leves, que permitem massas específicas abaixo de 1200 kg/m^3 , podendo chegar ao mínimo de 600 kg/m^3 . A alta porosidade dos agregados resulta num concreto de características não estruturais, muito utilizado como isolante térmico e acústico. Além disso, apresenta um bom comportamento em relação ao fogo. Para se obter o concreto leve, elimina-se o agregado graúdo e introduz-se o material leve, tais como ar, gás, espuma, pérolas de isopor, dentre outros. Podem ser aplicados como enchimento de rebaixo de lajes, nivelamento de pisos e contra-pisos e em paredes e forros isolantes.

O concreto leve também pode ser estrutural e, neste caso, sua densidade pode variar de 1200 a 1750 kg/m^3 , proporcionando redução considerável no peso das estruturas. Devido à natureza do agregado (argila expandida), oferece boa isolamento termo-acústica e bom comportamento ao fogo. Este tipo de concreto pode ser aplicado em lajes, vigas, pilares e pisos em obras que requeiram redução no peso da estrutura, no enchimento de pisos e lajes rebaixas, na regularização de superfícies e em painéis pré-fabricados, do tipo parede de vedação.

4.2.3. Concreto Aditivado

Neste caso, os aditivos são adicionados ao concreto a fim de modificar certas propriedades do material fresco ou endurecido. Torna-os mais facilmente manuseáveis e incrementam sua resistência diante das solicitações físico-químicas.

O uso de aditivos deve ser criterioso, recomendando-se, sempre, fazer um estudo prévio para cada traço e cada situação. O comportamento varia de acordo com a natureza e a dosagem do cimento e dos agregados, bem como depende da temperatura ambiente, do processo de lançamento, adensamento, cura, etc. No entanto, é preciso lembrar que os aditivos não transformam um concreto mal dosado e manuseado num bom concreto. Eles aprimoram certas características positivas do concreto acabado, adequando-se às exigências da obra e do projeto. Os aditivos fazem de um concreto bom, um concreto melhor.

Vantagens (conforme suas características): aumento da trabalhabilidade, sem aumento de consumo de água; redução do consumo de água, mas mantendo a mesma trabalhabilidade e obtendo maiores resistências; redução da água e do cimento, na mesma proporção, mantendo a mesma trabalhabilidade e as mesmas resistências originais; aumento das resistências iniciais; retardação ou aceleração da pega; redução da exsudação (segregação de água que ocorre na pasta de cimento, acumulando-se na superfície da pasta); aumento da durabilidade frente à ação físico-química; redução do coeficiente de permeabilidade; controle da expansão causada pela reação álcali/agregado; anulação da retração ou leve expansão; redução da segregação; penetração do concreto em ferragens densas; melhor bombeabilidade; aumento da aderência do concreto à ferragem; melhor aspecto e acabamento; ausência de trincas ou fissuras; correção da deficiência de finos no traço; possibilidade de concretagens em temperaturas elevadas; e redução no custo unitário do concreto.

Os aditivos podem ser classificados, segundo sua ação principal, em três grupos: ação física, ação química e ação físico-química. A ABNT, através da EB-1763, estabelece a seguinte classificação:

- a) **Aditivo plastificante** (tipo P) – aumenta o índice de consistência do concreto, desde que seja mantida a quantidade de água de amassamento, ou que esta seja reduzida de, no mínimo, 6% da quantidade original.
- b) **Aditivo retardador** (tipo R) – aumenta os tempos de início e fim de pega do concreto.
- c) **Aditivo acelerador** (tipo A) – diminui os tempos de início e fim de pega do concreto, bem como acelera o desenvolvimento das suas resistências iniciais.
- d) **Aditivo plastificante retardador** (tipo PR) – combina os efeitos do aditivo plastificante com o aditivo retardador.
- e) **Aditivo plastificante acelerador** (tipo PA) – combina os efeitos do aditivo plastificante com o aditivo acelerador.
- f) **Aditivo incorporador de ar** (tipo IAR) – incorpora pequenas bolhas de ar ao concreto.
- g) **Aditivo superplastificante** (tipo SP) – aumenta o índice de consistência do concreto, desde que seja mantida a quantidade de água de amassamento, ou que esta seja reduzida de, no mínimo, 12% da quantidade original.
- h) **Aditivo superplastificante retardador** (tipo SPR) – combina os efeitos do aditivo superplastificante com o aditivo retardador.
- i) **Aditivo superplastificante acelerador** (tipo SPA) – combina os efeitos do aditivo superplastificante com o aditivo acelerador.

Os aditivos plastificantes e incorporadores de ar são considerados aditivos de ação física. Já os aceleradores são aditivos de ação química, enquanto os retardadores, os impermeabilizantes e os expansores são aditivos de ação físico-química.

Os impermeabilizantes obedecem à norma NBR-12190, sendo eles, basicamente, de três tipos: sais orgânicos, materiais hidrófugos e géis orgânicos ou inorgânicos. Os sais orgânicos podem ser de forma líquida, pastosa ou em pó, que reagem com a cal do cimento; os hidrófugos diferem dos sais orgânicos por se apresentarem em sua forma final, não reagindo com os componentes do cimento; os géis são feitos à base de emulsão.

A escolha do tipo de aditivo a ser usado depende das características desejadas do produto final, seja ele fresco ou endurecido. Sua determinação é feita após avaliação dos seus efeitos em ensaios realizados com os mesmos materiais e condições da obra. A dosagem do aditivo varia de obra para obra. O uso adequado dos aditivos é feito seguindo sempre as recomendações dos fabricantes.

4.3. Recebimento – Concreto Usinado

O trajeto a ser percorrido pelo caminhão-betoneira deve ser preparado, dentro ou fora do canteiro, para evitar atrasos e perda do concreto. Em obras urbanas, devem-se observar as seguintes condições:

1. O acesso para o caminhão deve permitir manobras do caminhão seguinte, a fim de que haja continuidade na entrega;
2. Deve ser previsto um local de estacionamento, próximo ao canteiro, para o caminhão que espera descarregar;
3. As manobras dos caminhões devem ser devidamente sinalizadas com cones, fitas e luzes de sinalização;
4. Se o concreto for bombeado, deve-se prever acessos e estacionamento para os caminhões e bomba;
5. O estacionamento deve ser previsto para dois caminhões, próximo à bomba, a fim de manter um fluxo contínuo de bombeamento.

A aceitação do concreto em obra é feita em duas etapas, segundo a NBR-12655. A primeira consiste em verificar as condições do concreto fresco na obra, usando-se o slump test (ensaio de abatimento); a segunda diz respeito às condições do concreto endurecido, onde se verifica a resistência à compressão do concreto.

4.3.1. Ensaio de Abatimento

Antes da descarga do caminhão, é necessário fazer uma avaliação da consistência do concreto, verificando se está de acordo com o que foi especificado na nota fiscal. Sabe-se que a falta de água torna o concreto menos trabalhável, o que pode acarretar em ninhos de concretagem, e o excesso reduz a resistência do concreto.

O teste que avalia a consistência é o *slump test*, o qual determina a trabalhabilidade e controla a quantidade de água adicionada ao concreto fresco. Este ensaio (Figura 47) consiste nos seguintes passos:

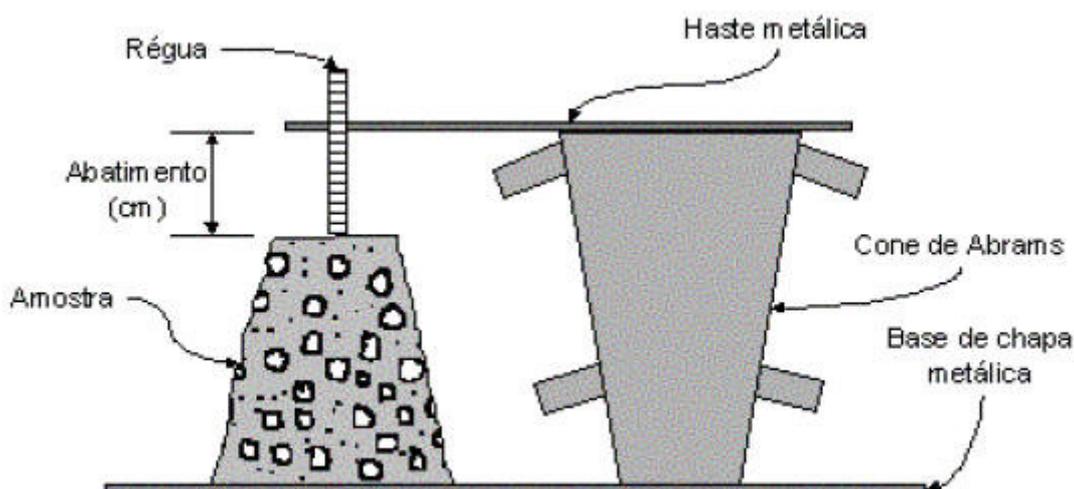


Figura 47. *Slump test*.

1. Coletar, diretamente da calha do caminhão, uma amostra de aproximadamente 30 litros de concreto depois de descarregado pelo menos 0,5 m³ (não retire a amostra de concreto já lançado na fôrma);
2. Colocar a amostra em um carrinho e misturar para assegurar a homogeneidade;

3. Colocar o cone sobre a placa metálica (previamente molhados e tratados), nivelada, apoiando firmemente os pés sobre as abas inferiores do cone;
4. Preencher o cone em 3 camadas iguais e aplicar um apiloamento de 25 golpes em cada camada em toda a seção do cone, adensando cuidadosamente com a haste sem que esta penetre na camada inferior;
5. Retirar o excesso de material da última camada com a régua, alisando a superfície;
6. Içar o cone verticalmente, com cuidado;
7. Colocar a haste sobre o cone invertido ao lado da massa abatida, medindo a distância entre o ponto médio do material e a parte inferior da haste, expressando o resultado em centímetros;
8. Caso o ensaio aponte que o concreto está com sua trabalhabilidade acima do limite estabelecido, a carga deve ser rejeitada;
9. Se o abatimento ficar abaixo do limite, pode-se adicionar água ao concreto e, em seguida, verificar novamente o abatimento. Se, no entanto, estiver acima em até 2,5 cm e dentro do limite máximo (Tabela 3), o concreto pode ser aceito.

Tabela 3. Limite de abatimento no *slump-test*.

Tipo de obra/serviço	Consistência Trabalhabilidade	Concreto com controle razoável Agregados mantidos em volume Vibração manual ou mecânica	
		Mínimo (cm)	Máximo (cm)
Fundações e muros de arrimo não armados	Firme	2,0	6,0
Fundações e muros armados	Firme a plástico	3,0	7,0
Estruturas usuais e lastros	Plástico	5,0	7,0
Peças com alta densidade de armaduras	Plástico a mole	7,0	9,0
Concreto aparente	Plástico a mole	6,0	8,0
Concreto bombeado até 40 m	Mole	8,0	10,0
Concreto bombeado acima de 40 m	Muito mole	9,0	13,0

4.3.2. Ensaio de Resistência à Compressão

A resistência à compressão do concreto é determinada em laboratórios especializados, a partir de corpos-de-prova obtidos de amostra representativa do material, conforme a norma NBR- 12655. Estes corpos-de-prova são moldados em cilíndricos metálicos de 150 mm de diâmetro e 300 mm de altura, levando em consideração os seguintes pontos:

1. Retirar a amostra do terço médio da mistura, evitando as primeiras e as últimas partes do material lançado;
2. Retirar o material direto da calha do caminhão-betoneira, em quantidade superior a 30 litros e o dobro do necessário para os moldes, misturando tudo em um carrinho para assegurar a homogeneidade;
3. Preencher os moldes em quatro camadas iguais, apiloando cada uma delas com 30 golpes com a haste metálica, evitando que a haste penetre na camada inferior já adensada;

4. Proceder ao acabamento da superfície com uma régua metálica, retirando o excesso de material;
5. Deixar o molde em repouso, em temperatura ambiente, por 24 horas;
6. Enviar os corpos-de-prova, devidamente identificados, ao laboratório.

A norma determina que sejam confeccionados dois corpos-de-prova de uma mesma betonada, para cada idade de rompimento (7 dias e 28 dias) e que a escolha dos lotes seja feita em função da solicitação a que estiver submetido o elemento estrutural. O controle pode ser estatístico por amostragem parcial e controle total (corpos-de-prova são confeccionados para cada caminhão-betoneira). A condição básica para que o concreto seja aceito, considerando o ensaio de resistência à compressão, é que a tensão de ruptura seja maior do que a tensão de projeto.

4.4. Transporte

O concreto deve ser transportado do local de amassamento para o de lançamento tão rápido quanto possível, mantendo sua homogeneidade e evitando a possível segregação do material. O transporte pode ser feito por meio convencional ou por bombeamento.

4.4.1. Transporte Convencional

Esse tipo de transporte pode ser feito utilizando um dos seguintes equipamentos:

1. **Carrinhos e jericas** – o uso de um deste tipo de transporte implica que o caminho de percurso deve ser planejado, para que sejam evitados contratempos provocados por esperas e danos nas armaduras. Devem ser mantidas sempre limpas e livres de argamassas endurecidas; devem ser molhadas antes do início da concretagem; os eixos devem ser engraxados semanalmente e não devem receber peso acima do permitido.
2. **Guinchos** – estes equipamentos devem estar com seus componentes em rigorosa manutenção. Além disso, deve ser proibido transportar pessoas (NR-18); deve ser operado por pessoa habilitada; deve ser previstos o uso de corrente, cadeado e chave para que pessoas não habilitadas os utilizem em horários inadequados, ou para evitar um acionamento acidental.
3. **Gruas e caçambas** – a manutenção destes equipamentos deve ser feita por firma especializada e área de atuação da grua deve ser delimitada e bem sinalizada, a fim de impedir a circulação de pessoas sob as cargas suspensas. Além disso, a caçamba deve ser mantida limpa e livre de material endurecido; a carga deve estar sempre dentro do limite estabelecido; deve ser operada usando rádios comunicadores.
4. **Calhas e correias transportadoras** – são indicadas para obras de maior porte, que tenha fluxo contínuo de concreto e que seja em grande quantidade.

4.4.2. Transporte por Bombeamento

Bombas são utilizadas neste tipo de transporte. Elas empurram o concreto por meio de tubulação metálica, podendo vencer grandes alturas e/ou distâncias horizontais. Têm a capacidade de transportar grandes volumes de concreto em comparação com o transporte convencional (atingem 4 a 7 m³/h), podendo atingir de 35 a 45 m³ por hora. O seu uso proporciona maior produtividade, menor gasto com mão-de-obra e menor energia de vibração (concreto mais plástico). Pode-se usar em conjunto com a bomba lanças (caminhão-lança), podendo atingir todos os pontos de concretagem. Deve-se observar que o diâmetro interno da tubulação deve ser maior do que o triplo do diâmetro máximo do agregado graúdo; a tubulação deve ser lubrificada com nata de cimento, antes de sua utilização; as curvas devem ser reforçadas com escoras e travadas para que a extremidade do mangote de lançamento esteja segura; no mínimo, dois operários devem ser designados para segurar a extremidade do mangote de lançamento; a operação deve ser monitorada por rádios comunicadores e controle remoto da lança; durante a concretagem, verificar se a movimentação da lança não provoca danos nas

instalações elétricas, telefônicas e vizinhas; manter a continuidade da concretagem, com um caminhão sempre na espera.

4.5. Lançamento

O lançamento do concreto na fôrma da laje constitui o encerramento de uma etapa da programação de concretagem, na construção de edifícios de múltiplos pavimentos, devendo ser executada na presença de um engenheiro, mestre ou técnico com experiência nesta etapa.

Esta etapa requer planejamento quando da execução de grandes estruturas. A ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem) sugere considerar os seguintes cuidados:

- a) Dimensionar antecipadamente o volume do concreto (calculando direto das fôrmas), o início e intervalos das cargas para manter o ritmo na entrega do concreto;
- b) Dimensionar a equipe envolvida nas operações de lançamento, adensamento e cura do concreto;
- c) Prever interrupções nos pontos de descontinuidade das fôrmas como: juntas de concretagem previstas e encontros de pilares, paredes com vigas ou lajes etc.;
- d) Especificar a forma de lançamento: convencional ou bombeado, com lança, caçamba etc.;
- e) Providenciar equipamentos e ferramentas, tais como:
 - equipamento para transporte dentro da obra (carrinhos, jericas, bombas, esteiras, guinchos, guindaste, caçamba, etc.);
 - ferramentas diversas (enxadas, pás, desempenadeiras, ponteiros, etc.);
 - tomadas de força para os equipamentos elétricos.

Além disso, devem-se observar as condições gerais descritas a seguir:

- a) Fazer com que o concreto seja lançado logo após o término da mistura, limitando em 2 horas e meia o tempo entre a saída do caminhão da concreteira e sua aplicação na obra;
- b) Limitar em 1 hora o tempo de fim da mistura no caminhão e o lançamento, o mesmo valendo para concretagem sobre camada já adensada e, se for o caso, utilizar retardadores de pega, nas obras com maior dificuldade no lançamento;
- c) Lançar o mais próximo da sua posição final;
- d) Evitar o acúmulo de concreto em determinados pontos da fôrma, distribuindo a massa sobre a fôrma;
- e) Lançar em camadas horizontais de 15 a 30 cm, a partir das extremidades para o centro das fôrmas;
- f) Lançar nova camada antes do início de pega da camada inferior;
- g) Tomar cuidados especiais quando da concretagem com temperatura ambiente inferior a 10°C e superior a 35°C;
- h) A altura de lançamento não deve ultrapassar 2,5 metros e, se for o caso, utilizar trombas (Figura 48), calhas (Figura 49), funis (Figura 50), etc. para alturas de lançamento superiores a 2,5 metros;

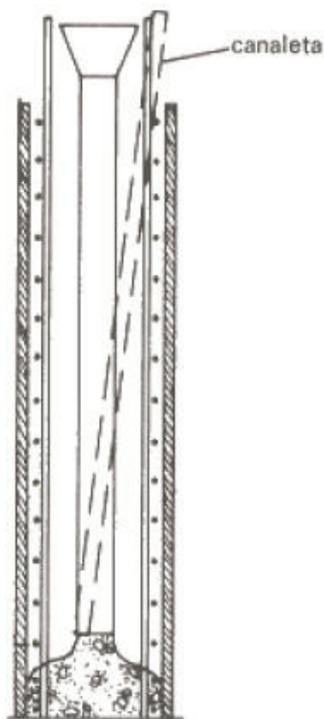


Figura 48. Lançamento do concreto por tromba ou canaleta.

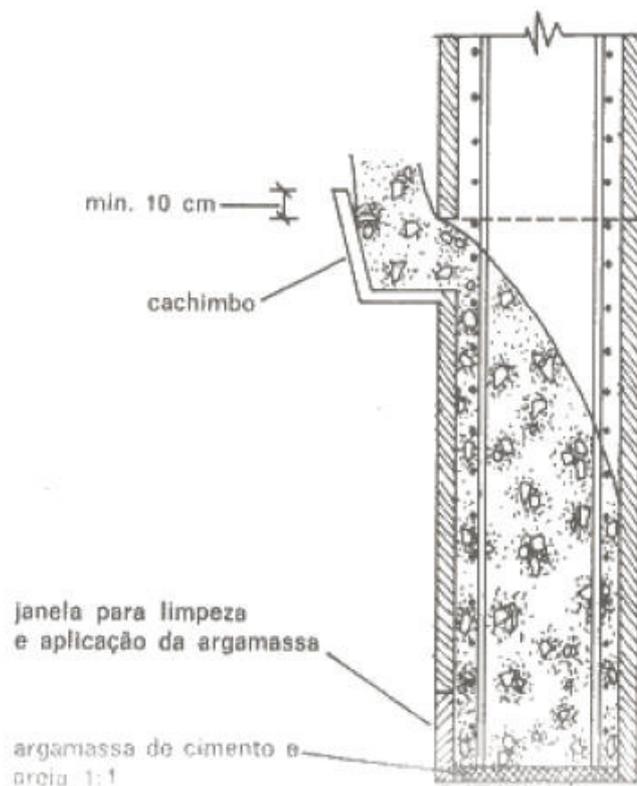


Figura 49. Lançamento do concreto por calha.

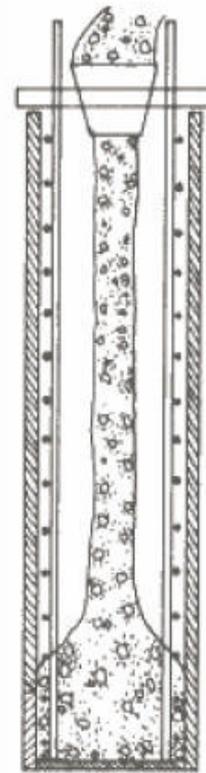


Figura 50. Lançamento do concreto por funil.

- i) Limitar o transporte interno do concreto com carrinhos ou jericas a 60 metros para evitar a segregação e perda de consistência (utilizar carrinhos ou jericas com pneus);
- j) Preparar rampas e caminhos de acesso às fôrmas (prever antiderrapantes);
- k) Iniciar a concretagem pela parte mais distante do local de recebimento do concreto;
- l) Molhar abundantemente as fôrmas antes de iniciar o lançamento do concreto, a fim de impedir a absorção da água de amassamento;
- m) As fôrmas devem ser estanques para não permitir a fuga da nata de cimento;
- n) Eliminar e/ou isolar pontos de contaminação por barro, entulho e outros materiais indesejados;
- o) Manter uma equipe de carpinteiros, armadores e eletricitas, sendo que um carpinteiro fique sob as fôrmas verificando o preenchimento com um martelo de borracha;
- p) Lançar nos pés dos pilares, antes do concreto, uma camada de argamassa com traço 1:3 (cimento e areia média);
- q) Interromper a concretagem no caso de chuva, protegendo o trecho já concretado com lonas plásticas;
- r) Dar especial atenção às armaduras negativas, verificando sua integridade;
- s) Não utilizar concreto remisturado;

t) Providenciar pontos de iluminação no caso da concretagem se estender para a noite.

4.5.1. Juntas

Em geral, as juntas são feitas para permitir que ocorram deslocamentos na estrutura, provenientes de retrações, expansões e contrações devidas a variações de umidade e temperatura; escorregamentos e empenamentos devidos às mesmas causas; e flexões causadas pelo carregamento ou condição do solo de fundação. As juntas são classificadas de acordo com o objetivo a alcançar, ou seja, juntas de contração ou de dilatação atendem aos deslocamentos causados por variações de temperatura ou diminuição do teor de umidade; já as juntas de escorregamento ou de empenamento eliminam os riscos de deslocamentos devidos a cargas excessivas ou de recalques diferenciais. Estes tipos de junta podem ser completos ou parciais. As juntas completas têm as duas partes adjacentes totalmente separadas. As juntas parciais apresentam um estrangulamento na seção, enfraquecendo esta região e fazendo com que apareçam fissuras. Nesse caso, a armadura é contínua, permitindo pequenos movimentos.

Quando há necessidade de interromper o lançamento do concreto, juntas de concretagem são utilizadas para simplificar a execução da estrutura. Os melhores locais devem ser antecipadamente escolhidos e são aqueles sujeitos aos menores esforços. Nas vigas e nas lajes, escolhem-se os locais com armadura inclinada; se não houver armadura inclinada, interrompe-se a aproximadamente 1/5 do vão a partir dos apoios. Nesses locais os esforços de tração e compressão são quase nulos e os esforços de cisalhamento são absorvidos pelas barras inclinadas e pelos estribos, que estão mais próximos entre si nesta região. Além disso, as armaduras horizontais (armadura negativa) juntamente com as eventuais barras inclinadas ajudam na ligação entre o concreto endurecido e o novo. Quando as vigas ou lajes estão apoiadas em pilares ou paredes, o lançamento do concreto deverá ser interrompido no plano de ligação do pilar ou parede com a face interior da laje ou viga, ou no plano que limite inferiormente as mísulas e os capitéis, durante o tempo necessário para evitar que o assentamento do concreto produza fissuras ou descontinuidades na vizinhança daquele plano.

A junta deve ser quase vertical, formada por uma tábua. Juntas muito inclinadas podem provocar desagregação do concreto, rolando as pedras mais pesadas até o pé da junta.

Antes de reiniciar o lançamento, a nata de cimento e os fragmentos soltos precisam ser removidos da superfície do concreto endurecido. A área de contato não deve ser pintada com nata de cimento, um costume errado e prejudicial para uma boa ligação das duas partes, porque forma uma película alisante e isolante. Quando a interrupção entre as duas concretagens é bastante prolongada, recomenda-se aplicar uma fina camada de argamassa de cimento-areia 1:1, imediatamente antes da retomada da concretagem. No caso de pegadas grandes ou essenciais numa estrutura, ou de uma ligação entre concreto existente de uma construção velha e o concreto novo, a junta deve ser tratada com um adesivo específico a base de epóxi, observando-se com maior rigor as prescrições do fabricante, principalmente no que se refere ao tempo em que se pode aplicar o adesivo ou iniciar o lançamento do concreto. Por este motivo, deve-se dispor dessas instruções no canteiro da obra.

4.6. Adensamento

O objetivo do adensamento é compactar o concreto evitando espaços vazios no interior das peças, ou seja, retirando o ar do material, incorporado nas fases de mistura, transporte e lançamento. Ele pode ser feito manualmente ou mecanicamente.

O **adensamento manual** é indicado para pequenos serviços e/ou obras de pequeno porte. É o método mais simples e consiste em golpear as camadas de concreto com soquetes, ou barras metálicas, de 5 a 6 kg, de forma contínua.

O **adensamento mecânico** é feito por meio de equipamentos de vibração, em geral, vibradores de imersão e de superfície (vibradores de agulha ou de placa). Este último utilizado para acabamento. Consiste em agitar os elementos que formam o concreto de maneira que este adquira maior compacidade.

O concreto deve ser adensado imediatamente após seu lançamento nas fôrmas, lembrando que tanto a falta de vibração quanto o excesso podem causar sérios problemas ao concreto.

Portanto, certos cuidados são importantes nesta fase de execução do concreto, que são:

- a) O concreto deve ser lançado em camadas de no máximo 50 cm (30 cm é o recomendável) ou em camadas compatíveis com o comprimento do vibrador de imersão;
- b) Aplicar o vibrador sempre na vertical;
- c) Vibrar o maior número possível de pontos da peça;
- d) Introduzir e retirar o vibrador lentamente, fazendo com que a cavidade deixada pela agulha se feche novamente;
- e) Deixar o vibrador por 15 segundos, no máximo, num mesmo ponto (o excesso de vibração causará segregação do concreto);
- f) Fazer com que a agulha penetre 5 cm na camada já adensada;
- g) Evitar encostar o vibrador na armadura, pois isso acarretará problemas de aderência entre a barra e o concreto;
- h) Não aproximar muito a agulha das paredes da fôrma (máximo 10 cm), para evitar danos na madeira e evitar bolhas de ar;
- i) O raio de ação do vibrador depende do diâmetro da agulha e da potência do motor, conforme a Tabela 4;

Tabela 4. Raio de ação da agulha do vibrador de acordo com o diâmetro da agulha.

Diâmetro da agulha (mm)	Raio da ação (cm)	Distância de vibração (cm)
25 a 30	10	15
35 a 50	25	38
50 a 75	40	60

- j) Evitar desligar o vibrador ainda imerso no concreto;
- k) Adotar todos os cuidados de segurança indicados para o manuseio de equipamento elétrico.

4.7. Cura

A cura consiste no processo de endurecimento do concreto. Durante este processo o concreto deve ser protegido contra a secagem rápida, mudanças bruscas de temperatura, excesso de água, incidência de raios solares, agentes químicos, vibração e choques. Deve-se evitar bater estacas, utilizar rompedores de concreto, furadeiras a ar comprimido próximo de estruturas recém concretadas, assim como, evitar o contato com água em abundância e qualquer outro material que possa prejudicar o processo de endurecimento e de aderência na armadura. Para evitar uma secagem muito rápida do concreto e o conseqüente aparecimento de fissuras e redução da resistência em superfícies muito grandes, tais como lajes, é necessário iniciar a cura úmida do concreto tão logo a superfície esteja seca ao tato. A seguir são listados alguns dos métodos mais comuns para a cura do concreto, que podem ser usados isoladamente ou concomitantemente:

- a) Molhar continuamente durante 7 dias (no mínimo 3 dias) a superfície concretada (pilares e vigas);
- b) Manter uma lâmina de água sobre a superfície (lajes e pisos);
- c) Espalhar areia, serragem ou sacos (arroz, estopa, cimento etc.) sobre a superfície e mantê-los umedecidos (lajes e pisos);
- d) Manter as fôrmas sempre molhadas (pilares, vigas e escadas);
- e) Molhar e cobrir com lona;
- f) Utilizar produtos apropriados para cura de concreto (película impermeável).

4.8. Desforma

A retirada das fôrmas de concreto deve ser planejada de modo a evitar o aparecimento de tensões diferentes das que foram projetadas para suportarem as peças concretadas. Nas concretagens usuais, em que não foram utilizados cimentos de alta resistência inicial, os prazos são dados na Tabela 5.

Tabela 5. Prazos para a desforma de peças de concreto.

Elemento a ser desmoldado	Prazo (dias)	
	Concreto armado comum	Concreto armado + aditivos
Faces laterais de vigas e pilares	3	-
Faces inferiores de vigas e lajes, retirada de algumas escoras e encunhamentos	7	-
Faces inferiores de vigas e pilares com desmoldagem quase total e retirada de escoras esparsas	14	7
Desmoldagem total	21	11
Vigas e arcos com vão maior que 10 m	28	21

5. FALHAS NO CONCRETO

As falhas no concreto podem ocorrer antes ou depois o seu endurecimento. O período que antecede ao endurecimento é aquele em que é ainda possível remoldar o concreto, mesmo após o lançamento. Costuma variar entre uma a doze horas, dependendo da temperatura, umidade do concreto e do uso de aditivos que modifiquem o tempo de pega (aceleradores ou retardadores). Estas falhas aparecem depois da desforma, devidas, em geral, a falta de cuidados durante a fase de lançamento, adensamento e cura, ou ainda da movimentação das fôrmas ou do leito do concreto numa fundação. O pessoal da obra tende a querer esconder essas falhas logo em seguida da desforma, por achar que isso significa um certo relaxo da mão-de-obra nas fases anteriores. Entretanto, uma tentativa de conserto pode vir a causar grandes problemas no futuro, com o comprometimento da segurança. Por isso, é conveniente estabelecer como norma estudar em conjunto com o projetista estrutural e o mestre-de-obra a melhor forma de resolver as falhas ocorridas.

As falhas que ocorrem após o endurecimento do concreto podem ser o resultado da retração hidráulica, acabamento, concentração de esforços, projeto estrutural ou acidentes.

5.1. Fissuras Antes do Endurecimento do Concreto

- **Sedimentação** – as armaduras e os agregados podem impedir que o concreto se sedimente, obrigando-o a separar-se (Figura 51 e Figura 52). Para prevenir o aparecimento destas fissuras devem-se produzir misturas densas, com menor abatimento possível, e adensar bem o concreto.
- **Retração superficial** – é causada pela rápida evaporação da água da superfície do concreto, ocorrendo principalmente em tempo quente e seco (Figura 53). Medidas então devem ser tomadas para reduzir a evaporação da água, que são:

1. Baixar a temperatura do concreto durante os dias quentes:

- resfriar a água de amassamento;
- estocar agregados à sombra e molhando-os;
- proteger as fôrmas e o concreto do sol;
- lançar o concreto em dias frios.

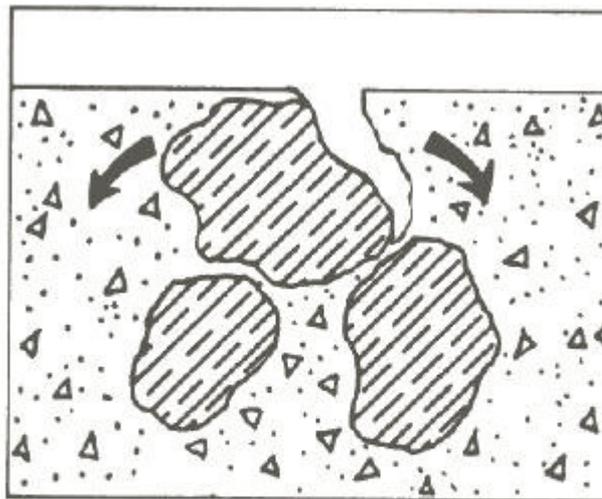
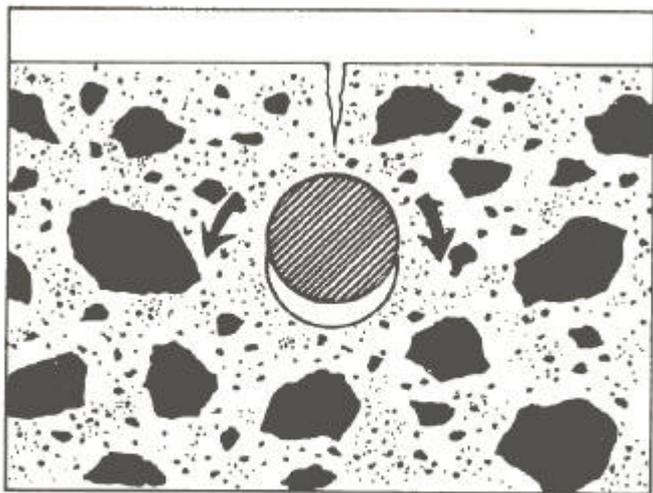


Figura 51. Sedimentação do concreto impedida pela armadura.

Figura 52. Sedimentação do concreto impedida pela argamassa.

2. Reduzir a velocidade do vento na superfície do concreto:

- construir barreiras para o vento com madeira, plástico ou vegetação.

3. Manter a umidade do concreto:

- proteger a superfície do concreto em caso de atraso entre o lançamento e o acabamento;
- jogar água sobre o concreto acabado tão logo desapareça o brilho, indicando secagem superficial;
- aplicar produtos de cura química.

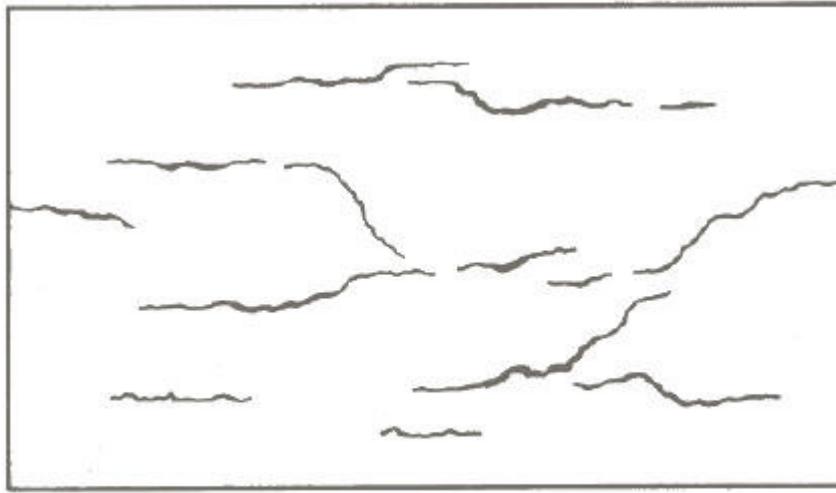


Figura 53. Retração superficial na fase plástica.

- **Movimentação da fundação ou fôrmas** – causadas por recalques do subleito (Figura 54) ou pelo mau escoramento das fôrmas (Figura 55), indicando que pode ter ocorrido um projeto inadequado das fôrmas, inchamento da madeira devido à umidade ou perda de pregos, ou ainda devido ao uso impróprio ou excessivo dos vibradores. Para prevenir estas falhas deve-se compactar adequadamente o subleito, no caso de recalques do subleito, e projetar de forma adequada às fôrmas e aos escoramentos.

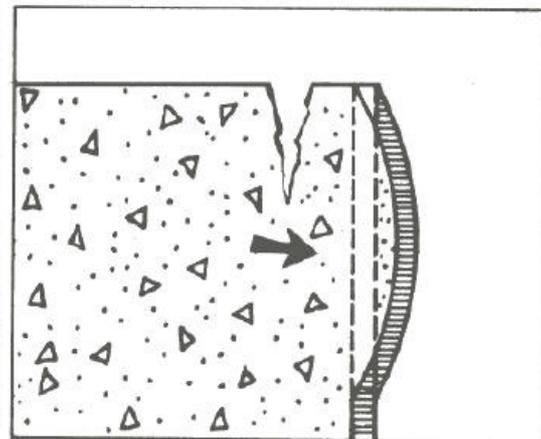
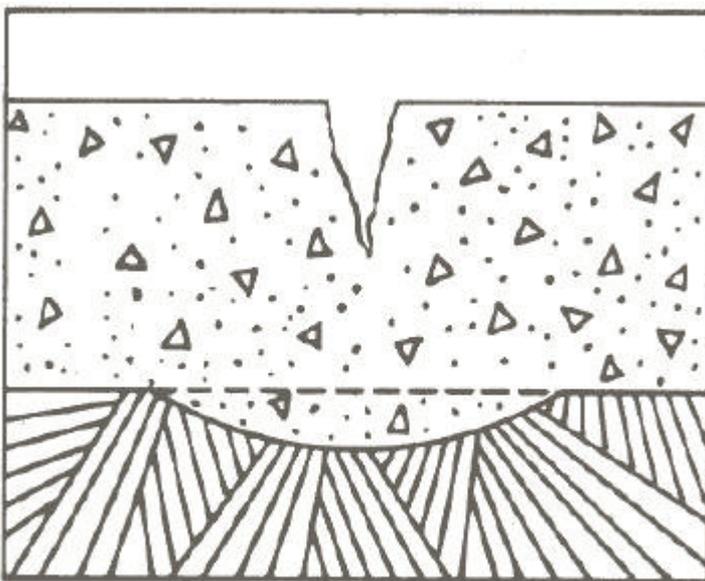


Figura 54. Movimentação da fundação ou fôrma.

Figura 55. Movimentação lateral da fôrma.

5.2. Fissuras Após o Endurecimento do Concreto

- **Retração hidráulica** – neste caso, as fissuras ocorrem devidas às variações de volume quando o teor de água varia (Figura 56). Estas variações de volume são características dos concretos feitos com cimento hidráulico. Também podem ocorrer em concretos dosados com excesso de areia. A prevenção é feita usando o menor teor de água de amassamento possível; aumentando o teor de agregado graúdo; e realizando uma cura adequada do concreto. Quanto ao tipo de cimento a ser usado, não há consenso entre os autores.

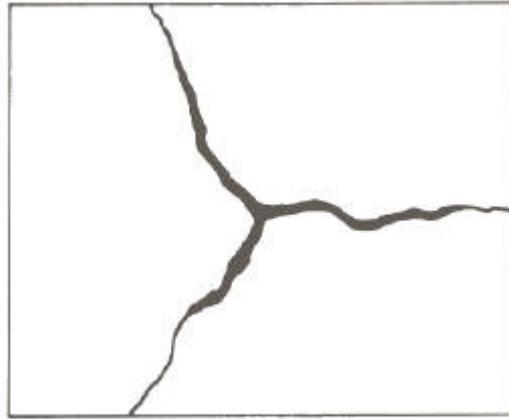


Figura 56. Retração superficial na fase plástica.

- **Acabamento** – o acabamento impróprio ou uma cura inadequada fazem surgir fissuras hexagonais na superfície do concreto (Figura 57).

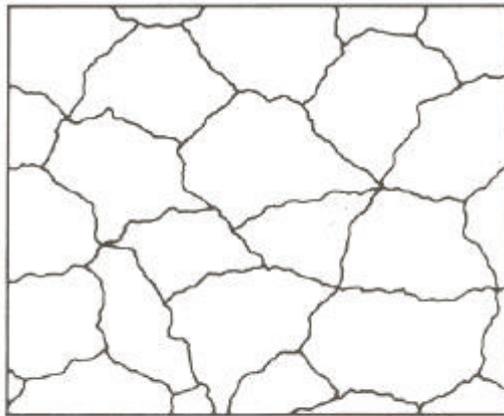


Figura 57. Fissuras por acabamento.

O uso excessivo da desempenadeira é o grande causador dessas fissuras, além da pulverização de cimento para dar acabamento. Para evitá-las deve-se restringir ao máximo o uso da desempenadeira e não pulverizar cimento sobre a superfície.

- **Concentrações de esforços** – fissuras surgem em locais em que haja concentração de esforços, tais como aberturas em cantos (Figura 58) ou em mudanças de direção (Figura 59) ou corrosão da armadura (Figura 60).



Figura 58. Fissuras em cantos.

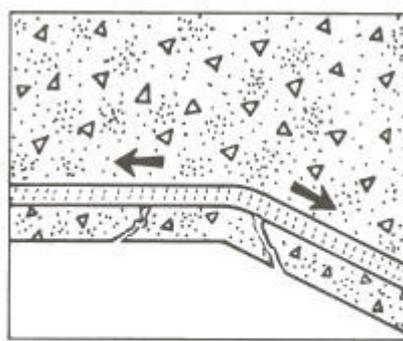


Figura 59. Mudança de direção da armadura.

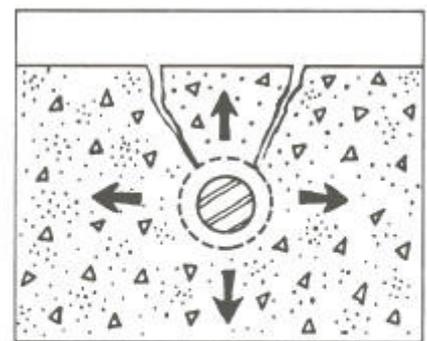


Figura 60. Oxidação da armadura.

Na primeira, ocorre sedimentação diferenciada nos dois lados da abertura; na segunda, ocorre devido ao recobrimento insuficiente da armadura, aliada à excessiva porosidade pela proximidade das fôrmas; na terceira, a oxidação faz com que a armadura aumente de volume que resulta em esforços de tração no concreto, que não resiste. Para preveni-las deve-se adensar adequadamente o concreto nos cantos e reforçá-los com armaduras; deve-se dimensionar propriamente o recobrimento da armadura e executá-lo de acordo com o projeto.

Projeto estrutural – as fissuras podem aparecer por uso inadequado, carregamento excessivo, insuficiência de armadura, vibração ou recalque da fundação. As figuras abaixo mostram alguns tipos de fissuras em vigas (Figura 61), lajes (Figura 62), e pilares (Figura 63), com suas respectivas causas.

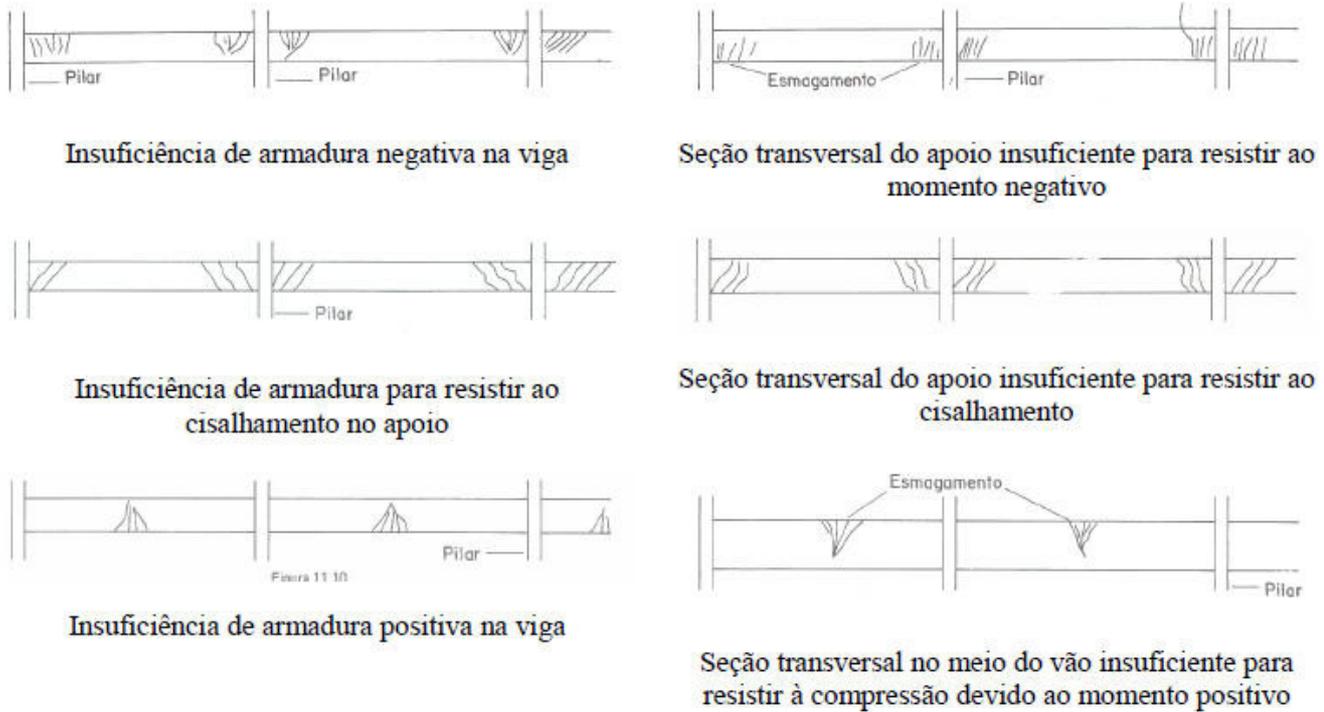
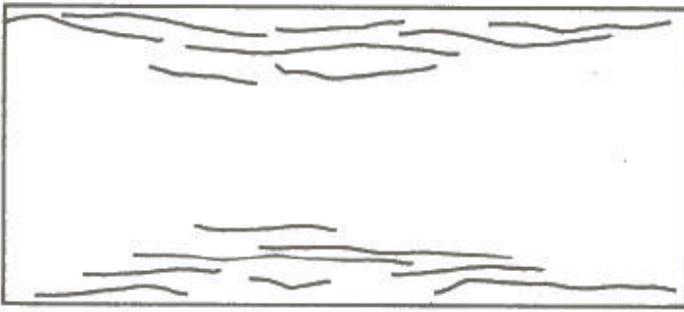
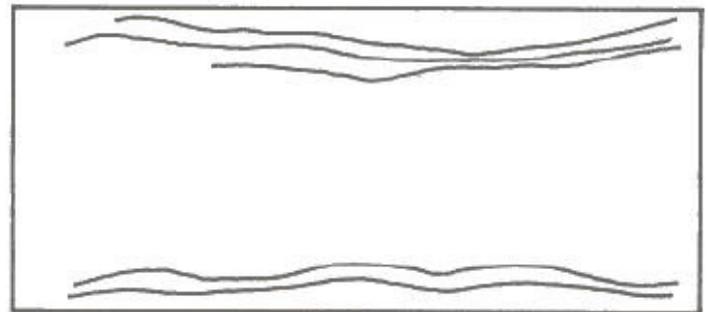


Figura 61. Fissuras em vigas.



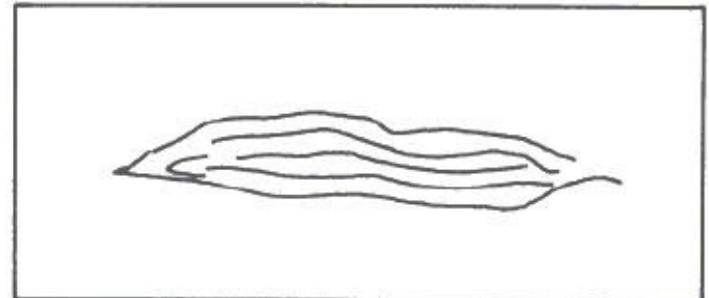
Insuficiência de armadura negativa



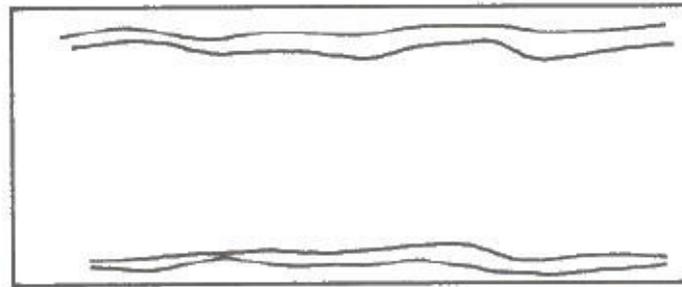
Insuficiência de espessura de laje nos apoios



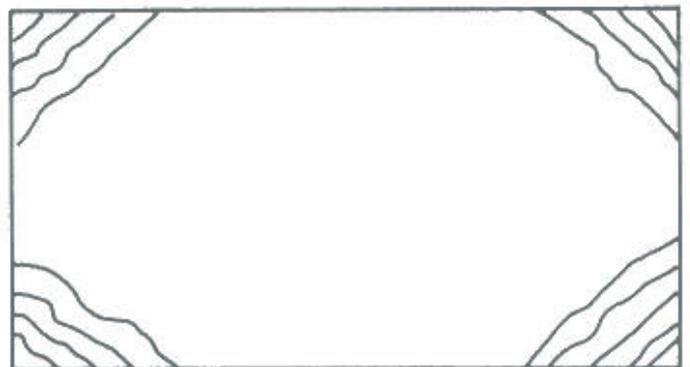
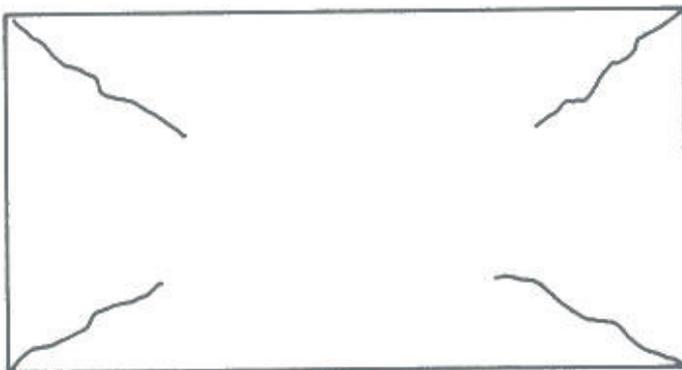
Insuficiência de armadura positiva



Insuficiência de espessura de no meio da laje



Insuficiência de espessura ou armadura de cisalhamento nos apoios



Insuficiência de armadura nos cantos para absorver momentos envolventes, armadura negativa por cima e positiva por baixo.

Figura 62. Fissuras em lajes.

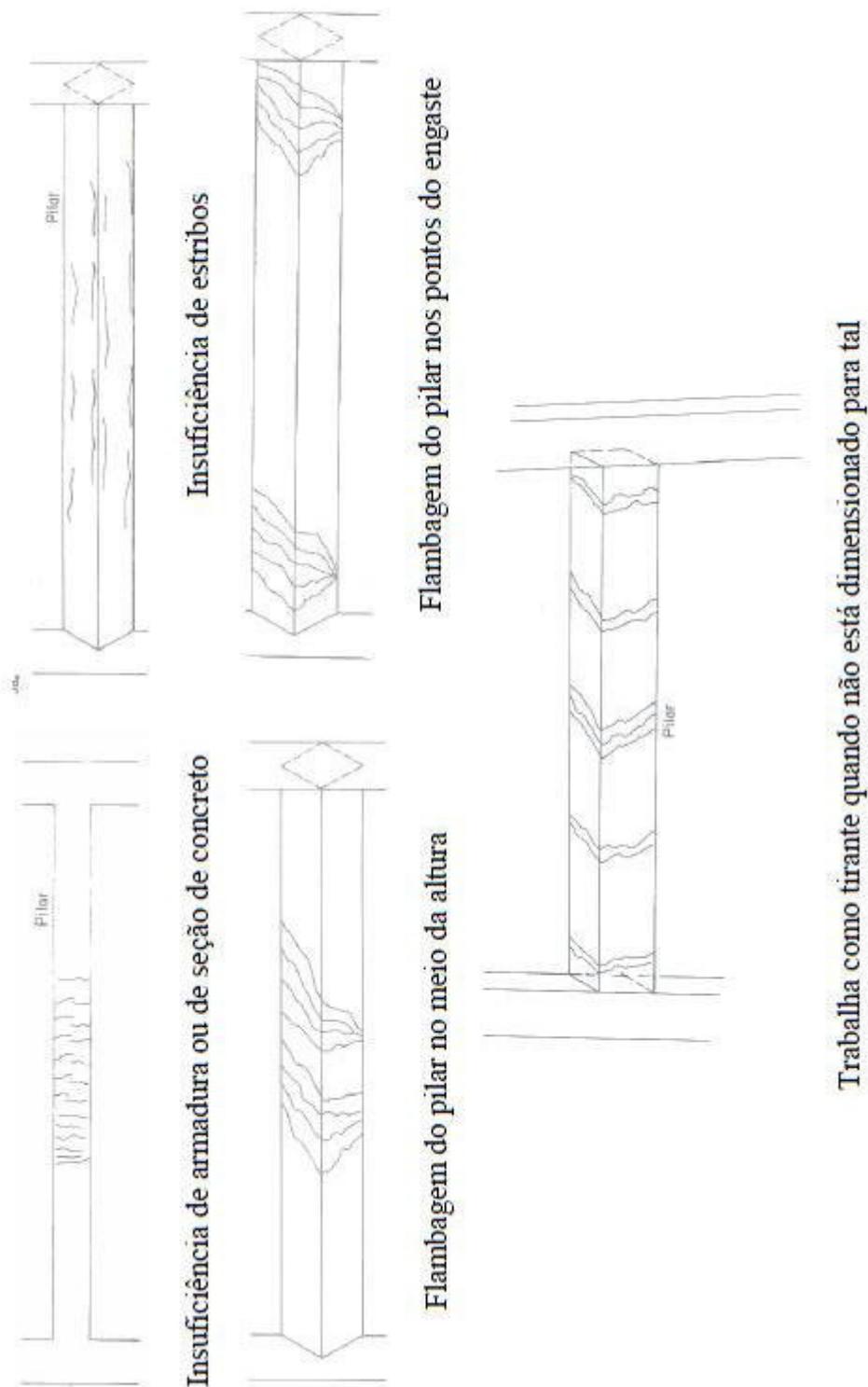


Figura 63. Fissuras em pilares

- **Acidentes** – neste caso, as falhas são causadas por falhas inesperadas, tais como fogo, tempestades ou terremotos.

5.3. Correção de pequenas falhas

São consideradas pequenas falhas de concretagem, as bicheiras mínimas, ou seja, aquelas em que não há o aparecimento da armadura. Nesse caso, o próprio pedreiro pode fazer o reparo com uma argamassa de cimento e areia fina (3:1) com aditivo adesivo sintético (sika-fix, Bianco) misturado na água de amassamento na proporção de 1:2.

5.4. Correção de grandes falhas (bicheiras)

São considerados grandes falhas de concretagem, os ninhos de concretagem (bicheiras), ou seja, aquelas em que há o aparecimento da armadura e/ou segregação do concreto. Nesses casos, recomenda-se verificar todos os detalhes da falha, sua localização, extensão e proximidade com outra falha, para daí então, escolher o melhor tratamento para cada situação encontrada. Na maioria das vezes pode-se resolver o problema com o uso de adesivos a base de epóxi para solidificar um novo concreto ou graute. A seguir, são apresentadas algumas sugestões de correção de falhas mais comuns (bicheiras):

- a) Remover todo o concreto solto (segregado), picotar deixando os cantos arredondados e limpar a área a ser tratada;
- b) Promover a limpeza das armaduras, retirando a corrosão e nata de concreto aderida;
- c) Aplicar um adesivo estrutural à base de epóxi na superfície de concreto e nas armaduras (seguir as instruções do fabricante);
- d) Lançar o material escolhido (concreto ou graute) usando o método de adensamento possível (manual ou vibração mecânica);
- e) Utilizar aditivos para evitar a retração do material (expansor);
- f) Promover a cura adequada e o acabamento da superfície.

6. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

AZEREDO, Hélio Alves de. O edifício até sua cobertura. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

AZEREDO, Hélio Alves de. O edifício e seu acabamento. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CARDÃO, Celso. Técnica da Construção. Belo Horizonte: Edições Engenharia e Arquitetura, 1979, Vol. I.

BORGES, Alberto de Campos. Prática das Pequenas Construções. São Paulo: Edgard Blücher, 1996.

BARROS, Mercia M. S. B. de, MELHADO, Sílvio B. Tecnologia da Construção Civil. Notas de aula – Recomendações para a Produção de Estruturas de Concreto Armado em Edifícios. São Paulo, 1998.

ZULIAN, Carlan S., DONÁ, Elton C., VARGAS, Carlos L. Construção Civil. Notas de aula – Fôrmas. UEPG - <http://www.uepg.br/denge/civil/>, 2002.

ZULIAN, Carlan S., DONÁ, Elton C., VARGAS, Carlos L. Construção Civil. Notas de aula – Armaduras. UEPG - <http://www.uepg.br/denge/civil/>, 2002.

ZULIAN, Carlan S., DONÁ, Elton C., VARGAS, Carlos L. Construção Civil. Notas de aula – Concretagem. UEPG - <http://www.uepg.br/denge/civil/>, 2002.

VEDACIT, Impermeabilizantes. Aditivos para concretos, argamassas e caldas de cimento, 2001.

RIPPER, Ernesto. Como evitar erros na construção. São Paulo: Pini, 1986.