



## - TRAÇO: PROPORÇÕES E CONSUMO DE MATERIAIS

### - Definições:

Em cada fase da obra usamos diferentes proporções de aglomerantes (cimento e cal), e agregados (areia e pedra) cujo objetivo pode visar: resistência, fechamento ou acabamento. É necessário então, analisar as variáveis e explorar melhor o assunto.

Aproveitando também a questão da dosagem de aglomerantes podemos explorar o problema com outro objetivo, o do levantamento quantitativo de materiais. Sim, pois, qualquer que seja o projeto ou ideia a ser executada surgirá sempre aquela pergunta inevitável: quanto eu vou gastar para fazer? Sendo assim, basta seguir um roteiro com as etapas principais de uma obra arquitetônica de maneira a produzir ao final, as quantidades de materiais necessários para sua execução. Vale lembrar que serão números estimativos e poderão variar em pequena porcentagem para mais ou para menos. De qualquer forma, aplicando-se o custo dos materiais teremos o valor aproximado da construção.

Com relação ao consumo de materiais necessários para a execução da edificação destacamos alguns aspectos importantes. O concreto pode ser produzido mecanicamente ou manualmente. Para produzi-lo em usinas é considerado o peso específico dos materiais, isto é, eles são pesados separadamente e depois misturados. Este é o processo técnico.

O processo prático, amplamente utilizado em obras de pequeno porte, é aplicado nas misturas manuais, pois não há balança disponível para pesagem dos materiais. Neste processo consideramos o volume necessário para as misturas. Para o concreto calculamos o volume das formas que comporão as estruturas em geral. Para as argamassas consideramos a área das paredes a serem elevadas e revestidas, assim como os pisos que serão executados.

*Importante: no caso do concreto é necessário adicionar uma porcentagem a mais para compensar o volume de vazios dos agregados.*

Explicando melhor é fácil imaginar que os espaços gerados entre as pedras, por serem irregulares, serão preenchidos pela pasta de cimento e areia. Assim, teremos um volume menor depois de misturados. O resultado poderá variar em muito dependendo da dimensão das pedras utilizadas. Podemos usar um valor médio que atenderá diversas situações aumentando o volume calculado em 40%. Com isto as formas serão preenchidas sem a preocupação de falta ou excesso de concreto.

O volume de argamassa dependerá da sua utilização. Para elevação de alvenarias é necessário determinar o tipo de blocos ou tijolos escolhidos. Os volumes são expressos em litros por metro quadrado e são fornecidos pelo TCPO (Editora PINI). Para o revestimento das paredes devemos especificar a espessura necessária para aprumá-la e regularizá-la que pode variar de 1 a 2 cm. Em seguida multiplicamos pela área das paredes a serem revestidas e assim obter o volume total de argamassa. Vale lembrar que a espessura deverá ser expressa em metros para que o total resulte em m<sup>3</sup>.

As misturas de concreto e argamassa preparados pelo método prático obedecem a certos critérios quanto à separação dos materiais. Usamos recipientes de volumes conhecidos, por não podermos pesá-los, seguindo parâmetros convencionados e proporções determinadas para cada caso.

### Exemplo:

- Um saco de cimento equivale a duas latas de 18 lts. aproximadamente.
- Um saco de cal equivale a uma lata de 18 lts. aproximadamente.

A efetivação das misturas em grande quantidade por este processo pode ser feita de outras formas, porém, respeitando-se as proporções indicadas. Há um consenso de que 3 pás enchem uma lata e num carrinho de mão cabem 4 latas. Sendo assim, para preparar uma masseira de concreto no traço 1:2:3 começando com 2 sacos de cimento precisaríamos separar 2 carrinhos de areia e 3 de pedra. Se os materiais estiverem próximos podemos usar a pá. Nesse caso teremos 24 pás de areia e 36 de pedra.

*É bom esclarecer que este método não é preciso, podendo variar quanto à resistência e deve ser usado somente em obras de pequeno porte.*

As proporções são denominadas Traço e tem as seguintes características:

- É uma proporção na qual medimos as quantidades de materiais e utilizamos nas misturas;
- Deve ser utilizado sempre o mesmo recipiente (lata de 18 litros ou carrinho de mão);

- Entende-se por mistura de concreto, a união do agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra), aglomerante (cimento) e água;
- Entende-se por mistura de argamassa, a união do agregado miúdo, aglomerante e água;
- O concreto é utilizado nas estruturas como fundações, pilares, vigas e lajes;
- A argamassa é utilizada na elevação da alvenaria e no revestimento;
- A água deve dar característica plástica à mistura.

Etapas: Concreto: areia + cimento, depois a pedra. Adicionar água aos poucos.

Argamassa: areia + cal + cimento. Adicionar água aos poucos.

Obs.: - O cimento pode ser adicionado na argamassa quando da sua utilização, desde que na quantidade especificada pelo traço.

- A água utilizada para o concreto não deve exceder a 20% do volume total da mistura.

#### - Quantificações:

O mecanismo para determinar as quantidades é simples. Primeiramente é preciso saber o volume total das formas, para o concreto, e a área de paredes ou pisos que necessitarão de argamassa. Em seguida, estabelecemos os traços indicados e calculamos seus volumes.

1) Dividimos o volume total (lts.) pelo volume do traço (lts.) e assim encontramos o nº de vezes que deveremos repetir a operação, também chamada de masseira.

2) Multiplicamos o nº de masseiras pela quantidade de latas do traço para saber o total de latas de cada material.

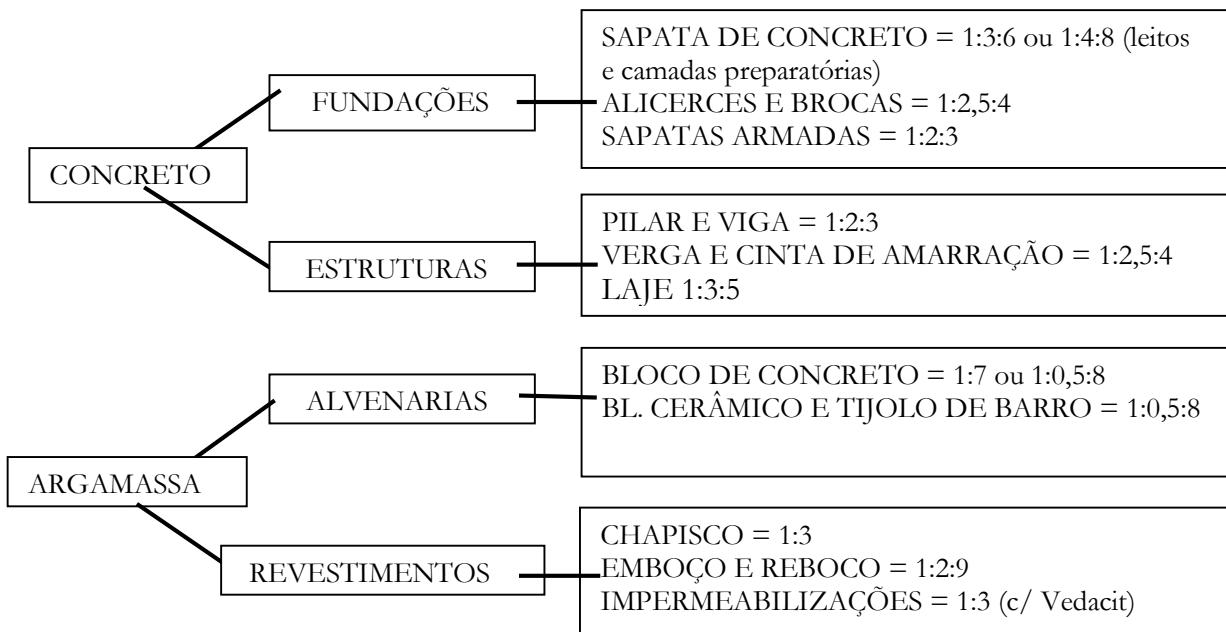
3) Usando a regra prática, transformamos latas de cimento ou cal em sacos. A quantidade em latas de areia ou pedra, deverá ser transformada em litros e depois em metros cúbicos. Esta é a maneira como são vendidos no comércio em geral.

4) Os valores encontrados nas fases intermediárias não devem ser arredondados, somente no final.

5) Somam-se as quantidades necessárias de cada fase e adiciona-se a porcentagem de perda, arredondando para sacos inteiros de cimento ou cal, valendo o mesmo para areia e pedra, de meio em meio m<sup>3</sup>.

#### - Indicações:

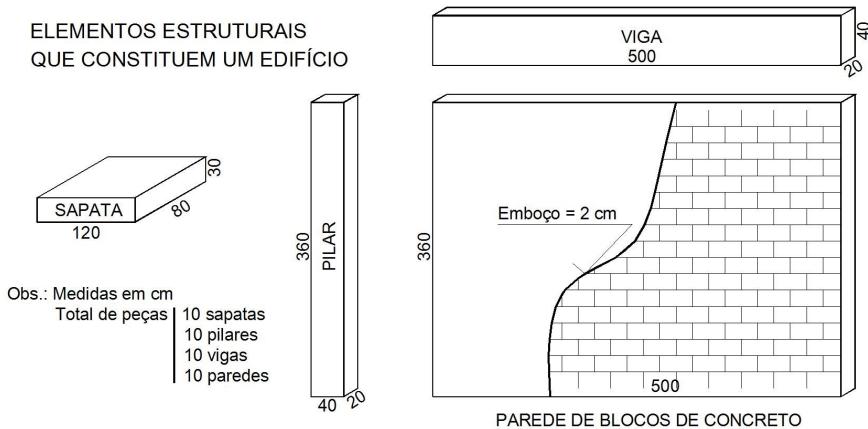
A sequência será sempre cimento, areia e pedra, para o concreto e cimento, cal e areia, ou cimento e areia para argamassas. As misturas mais utilizadas são:



#### - Aplicação:

Para exemplificar, vamos demonstrar detalhadamente o processo de quantificação dos materiais de uma obra fictícia. Ao final teremos um total estimado, bastando apenas aplicar os respectivos preços para se ter o custo aproximado.

Considerando o respectivo traço indicado, vamos calcular o consumo de materiais necessários para executar as peças abaixo que compõe uma estrutura qualquer. Para termos um volume significativo também, vamos considerar 10 peças de cada.



Resolução - As etapas serão calculadas na seguinte ordem: Concreto, Alvenaria, Assentamento, Chapisco, Emboço, Reboco e Pintura.

**Concreto:** Determinando as quantidades de cimento, areia e pedra para preenchimento das formas.

Utilizamos neste processo o volume das peças, adicionando uma porcentagem referente ao volume de vazios dos agregados.

1) Calculando o volume das peças em  $m^3$ :

$$\text{Sapata} = 0,30 \times 0,80 \times 1,20 = 0,28 \text{ } m^3$$

$$\text{Viga} = 0,20 \times 0,40 \times 5,00 = 0,40 \text{ } m^3$$

$$\text{Pilar} = 0,20 \times 0,40 \times 3,60 = 0,28 \text{ } m^3$$

2) Verificando a quantidade das peças especificadas: 10 un

$$(10) \text{ Sapatas} = 2,8 \text{ } m^3$$

$$(10) \text{ Vigas} = 4,0 \text{ } m^3$$

$$(10) \text{ Pilares} = 2,8 \text{ } m^3$$

3) Somando os valores obtemos o volume total de concreto:

$$\underline{2,8} + \underline{4,0} + \underline{2,8} = \underline{9,6} \text{ } m^3$$

Obs.: Adicionamos 40 % para compensar o volume de vazios:  $\underline{9,6} \times 1,4 = \underline{13,44}$   $m^3$  (este valor pode variar dependendo da dimensão da brita).

4) Determinando a quantidade de vezes que efetuaremos a mistura na proporção desejada para obter o volume necessário, temos:

$$\frac{\text{Volume total de concreto}}{\text{Volume do traço}} = \text{nº de masseiras}$$

Volume do traço

Obs.: - A lata mais usada em obras é a de 18 lts.

- O volume do traço é calculado a partir do nº de latas x 18 lts.

$$\text{Traço } 1:2:3 = \underline{6 \text{ latas}} \times 18 \text{ lts.} = \underline{108} \text{ lts.}$$

- Transformando  $m^3$  em litros para o concreto ( $\times 1.000$ ), temos  $= 13,44 \times 1.000 = 13.440 \text{ lts.}$

$$\frac{13.440}{108} \text{ lts.} = \underline{124,5} \text{ masseiras}$$

Obs.: - Arredondamentos de meia em meia masseira, para cima.

5) Definimos agora, a quantidade de latas dos materiais:

$$\text{Nº de masseiras} \times (1) \text{ lata de cimento} = (124,5) \text{ latas}$$

$$124,5 \quad (2) \text{ latas de areia} = (249) "$$

$$(3) \text{ latas de pedra} = (373,5) "$$

6) Quantidades parciais:

Obs.: - Transformar latas em sacos para o cimento (2 latas = 1 saco).

- Nesta fase não há arredondamentos.

a) Total de latas de cimento = sacos de cimento

$$\frac{124,5}{2} = \underline{62,25} \text{ sacos}$$

Obs.: - Calcular o nº de latas em litros para areia e pedra.

b) Total de latas de areia x 18 lts. = total em litros.

$$\frac{249}{2} \times 18 \text{ lts.} = \underline{4.482} \text{ lts.}$$

c) Total de latas de pedra x 18 lts. = total em litros.

$$\underline{373,5} \text{ x } 18 \text{ lts.} = \underline{6.723} \text{ lts.}$$

Obs.: - Transformar litros em m<sup>3</sup> para areia e pedra. (Ex.: 1.000 lts. = 1 m<sup>3</sup>).

$$\text{b) Areia} = \underline{4.482} \text{ lts. / } 1.000 = \underline{4,48} \text{ m}^3$$

$$\text{c) Pedra} = \underline{6.723} \text{ lts. / } 1.000 = \underline{6,72} \text{ m}^3$$

**Alvenaria:** Determinando a quantidade de blocos de concreto para a elevação das paredes.

$$1) \text{ Área da parede} \times 10 = \text{área total das paredes.}$$

$$\underline{3,60} \text{ m} \times \underline{5,00} \text{ m} = \underline{18,00} \text{ m}^2 \times 10 = \underline{180,00} \text{ m}^2$$

2) Área total das paredes x 13 blocos (quantidade necessária por m<sup>2</sup>, já com a perda de 10%) = total de blocos de concreto.

$$\underline{180,00} \text{ m}^2 \times 13 = \underline{2.340} \text{ blocos}$$

**Assentamento:** Determinando as quantidades de cimento, cal e areia para elevação das paredes.

$$1) \text{ Área total das paredes} \times \text{consumo/m}^2 = \text{Volume total do assentamento.}$$

O consumo de argamassa para assentamento é 9 lts. /m<sup>2</sup> (TCPO).

$$\underline{180,00} \text{ m}^2 \times 9 \text{ lts.} = \underline{1.620} \text{ litros}$$

$$2) \underline{\text{Volume total do assentamento}} = \text{nº de masseiras}$$

Volume do traço

$$\text{Traço 1:0,5:8} = \underline{9,5 \text{ latas}} \times 18 \text{ lts.} = \underline{171} \text{ lts.}$$

$$\frac{1.620}{171} \text{ lts.} = \underline{9,5} \text{ masseiras (arredondando)}$$

$$3) \text{Nº de masseiras} \times (1) \text{ lata de cimento} = (9,5) \text{ latas}$$

$$9,5 \quad (0,5) \text{ lata de cal} = (4,75) "$$

$$(8) \text{ latas de areia} = (76) "$$

4) Quantidades parciais:

$$\text{a) } \underline{\text{Total de latas de cimento}} = \text{sacos de cimento}$$

$$\frac{2}{\underline{9,5}} = \underline{4,75} \text{ sacos}$$

$$\text{b) Total de latas de cal} = \text{sacos de cal}$$

$$\underline{4,75 \text{ latas}} = \underline{4,75} \text{ sacos}$$

$$\text{c) Total de latas de areia} \times 18 \text{ lts.} = \text{total em litros}$$

$$\underline{76} \times 18 \text{ lts.} = \underline{1.368} \text{ lts.}$$

Obs.: Transformar litros em m<sup>3</sup> para areia.

$$\text{c) Areia} = \underline{1.368} \text{ lts. / } 1.000 = \underline{1,36} \text{ m}^3$$

**Chapisco:** Determinando as quantidades de cimento e areia que servirá de base para as camadas posteriores.

$$1) \text{Área total das paredes} \times 2 \text{ (interno e externo)} \times \text{consumo/m}^2 = \text{Volume total do chapisco.}$$

O consumo de argamassa para o chapisco é 5 lts. /m<sup>2</sup> (TCPO).

$$\underline{360,00} \text{ m}^2 \times 5 \text{ lts.} = \underline{1.800} \text{ litros}$$

$$2) \underline{\text{Volume total do chapisco}} = \text{nº de masseiras}$$

Volume do traço

$$\text{Traço 1:3} = \underline{4 \text{ latas}} \times 18 \text{ lts.} = \underline{72} \text{ lts.}$$

$$\frac{1.800}{72} \text{ lts.} = \underline{25} \text{ masseiras}$$

$$3) \text{Nº de masseiras} \times (1) \text{ lata de cimento} = (25) \text{ latas}$$

$$25 \quad (3) \text{ latas de areia} = (75) "$$

4) Quantidades parciais:

$$\text{a) } \underline{\text{Total de latas de cimento}} = \text{sacos de cimento}$$

$$\frac{2}{\underline{25}} = \underline{12,5} \text{ sacos}$$

$$\text{b) Total de latas de areia} \times 18 \text{ lts.} = \text{total em litros}$$

$$\underline{75} \times 18 \text{ lts.} = \underline{1.350} \text{ lts.}$$

Obs.: Transformar litros em m<sup>3</sup> para areia.

$$\text{c) Areia} = \underline{1.350} \text{ lts. / } 1.000 = \underline{1,35} \text{ m}^3$$

**Emboço:** Determinando as quantidades de cimento, cal e areia necessários para a regularização das paredes.

$$1) \text{Área total das paredes} \times 2 \text{ (interno e externo)} \times \text{espessura} = \text{Volume total do emboço.}$$

Usando blocos de concreto a espessura da argamassa será em média = 1 cm

$$\underline{360} \text{ m}^2 \times 0,01 \text{ m} = \underline{3,6} \text{ m}^3$$

- Transformando m<sup>3</sup> em litros para o emboço (x 1.000), temos =  $3,6 \times 1.000 = 3.600$  lts.

2) Volume total do emboco = n° de masseiras

Volume do traço

$$\text{Traço } 1:2:9 = \underline{12 \text{ latas}} \times 18 \text{ lts.} = \underline{216} \text{ lts.}$$

$$\frac{\underline{3600}}{216} \text{ lts.} = \underline{17} \text{ masseiras (arredondando)}$$

3) N° de masseiras x ( 1 ) lata de cimento = ( 17 ) latas

$$17 \quad ( 2 ) \text{ latas de cal} = ( 34 ) "$$

$$( 9 ) \text{ latas de areia} = ( 153 ) "$$

4) Quantidades parciais:

a) Total de latas de cimento = sacos de cimento

$$\frac{2}{\underline{17}} = \underline{8,5} \text{ sacos}$$

b) Total de latas de cal = sacos de cal

$$\underline{34 \text{ latas}} = \underline{34} \text{ sacos}$$

c) Total de latas de areia x 18 lts. = total em litros

$$\underline{153} \times 18 \text{ lts.} = \underline{2.754} \text{ lts.}$$

Obs.: Transformar litros em m<sup>3</sup> para areia.

$$\text{c) Areia} = \underline{2.754} \text{ lts.} / 1.000 = \underline{2,75} \text{ m}^3$$

**Reboco:** Última fase antes da pintura.

A argamassa do reboco pode ser feita na obra utilizando o mesmo traço do emboço, mas exige o trabalho de peneirar a areia. Neste exemplo vamos considerar argamassa industrializada conhecida como massa fina ensacada.

1) Área total das paredes x 2 (interno e externo) x consumo/m<sup>2</sup> = Volume total de sacos.

O consumo de massa fina para o reboco é 0,25 saco/m<sup>2</sup> (1 saco cobre 4 m<sup>2</sup>).

$$\underline{360,00} \text{ m}^2 \times 0,25 = \underline{90} \text{ sacos}$$

**Pintura:** Fase final do acabamento considerando 2 camadas (demãos) – mínimo para pintura nova.

1) Área total das paredes x 2 (interno e externo) x consumo/m<sup>2</sup> = Volume total em litros de tinta.

O consumo de tinta para duas demãos é = 0,24 lts./m<sup>2</sup>.

$\underline{360,00} \text{ m}^2 \times 0,24 \text{ lts.} = \underline{86,4} \text{ lts.}$  Transformando em galões, temos: 86,4 lts. / 3,6 lts. (vol. do galão) = 24 galões. (arredondar para números inteiros, sempre)

É mais econômico comprar a tinta em grande quantidade. Considerando que uma lata de 18

lts. contem 5 galões, teremos: Total de latas de 18 lts. = Total de galões – múltiplos de 5 (Ex: 5, 10, 15, etc.)  
Então:  $\underline{24 - 20} = 4 \text{ galões} + 4 \text{ latas de 18 lts.}$

**Resumo:** Somando as várias etapas e acrescentando as perdas.

Obs.: Agora, fazemos os arredondamentos para valores inteiros, como são vendidos no comércio em geral.

1) Total de blocos de concreto = 2.340 blocos

Contendo 10 % de perda.

2) Cimento - Concreto = 62,25 sacos

- Assentamento = 4,75 "

- Chapisco = 12,5 "

- Emboço = 8,5 "

Total = 88 + 10 % de perda = 97 sacos (arredondando)

3) Cal - Assentamento = 4,75 sacos

- Emboço = 34 "

Total = 38,75 + 10 % de perda = 43 sacos (arredondando)

4) Areia - Concreto = 4,48 m<sup>3</sup>

- Assentamento = 1,36 "

- Chapisco = 1,35 "

- Emboço = 2,75 "

Total = 9,94 + 10 % de perda\* = 11 m<sup>3</sup> (arredondando)

5) Pedra = 6,72 + 10 % de perda\* = 7,5 m<sup>3</sup> (arredondando)

6) Massa fina usada no reboco = 90 + 10 % de perda = 99 sacos

7) Tinta = 4 latas de 18 litros + 4 galões (nesse caso não há acréscimo de perda).

\*NOTA: - Considerando que  $1\ m^3 = 1.000\ lts.$  /  $18\ lts. = 55,5$  a compra de areia e pedra em pequenas quantidades deverá ter aproximadamente 56 latas para cada  $m^3$  de material adquirido, sendo assim a perda será 10%.

- Se a compra vier em caminhões a caçamba deverá ser medida para ter seu volume conhecido.

- Neste método os valores são estimativos e dependem do controle na execução dos traços de concreto e argamassa.

De qualquer forma, é o processo mais prático para se estabelecer custos servindo para qualquer área construída em questão.

## – ESTRUTURAS: TIPOLOGIA

A função da estrutura é transmitir para o solo a carga da edificação. Esta carga compõe-se de: peso próprio da estrutura, cobertura, paredes, esquadrias, revestimentos, etc. Os elementos que compõe a estrutura são: lajes, vigas e pilares. Podem ser executados em concreto, aço, madeira ou misto. No Brasil o concreto é usado em larga escala.

As superestruturas são classificadas em hiperestáticas (moldadas “in loco”) ou isostáticas (pré-moldado). A primeira é mais econômica, porém, de execução mais demorada. A segunda modalidade é mais cara, mas de rápida finalização. O primeiro modelo, ainda, é denominado de “convencional” e necessita de formas de madeira para sua execução. A confecção das mesmas, assim como as ferragens, tem peso significativo no custo geral da obra. É um sistema aplicado em pequenas, médias e grandes construções.

As superestruturas convencionais, por serem concretadas formando um conjunto único, são sensíveis aos recalques da fundação. Havendo movimentações toda a estrutura será afetada. Entretanto, esta interligação entre as peças resulta numa estrutura “esbelta”, diminuindo sua seção pela transferência de momento fletor.

São de fácil identificação, pois, vemos um esqueleto de concreto se elevando à medida que as formas são desmontadas, diferentemente de seu fechamento de alvenaria que é executada em um ritmo mais lento. As formas de madeira são projetadas para todo o pavimento e após a concretagem são desmontadas e montadas no andar superior. Este jogo de formas é utilizado até o último pavimento.

É um sistema mais versátil quanto à estética do edifício, facilitando a criatividade. Favorece também a criação de espaços mais generosos pela moldagem dos vigamentos conforme as necessidades.

Esse sistema é caracterizado pela concentração de cargas nos pilares. Esta informação se torna importante na escolha do modelo de fundações.

A execução desse sistema construtivo por ser feito em duas modalidades: concretagem em conjunto ou independente.

Podemos, também, aplicar a esta modalidade o chamado sistema misto, onde são usados aço e concreto, ao mesmo tempo. Geralmente, os pilares são de concreto e em sua concretagem, são embutidas placas de aço, chamadas de console. Elas contêm furos onde serão ancoradas as vigas metálicas através de parafusos, rebites ou solda. Menos frequente, seu uso é dificultado por manter a precisão necessária para unir os dois materiais, além do alto custo.

Em obras de pequeno porte, onde se enquadram casas, sobrados ou salões comerciais de até dois pavimentos, se emprega a concretagem em conjunto. Assim, as paredes são elevadas a partir das fundações com vãos posicionados conforme projeto, servindo aos futuros pilares da superestrutura. Quando estas estiverem a meia altura, a ferragem é posicionada nesses intervalos que serão fechados com tábuas. Então, a concretagem será efetuada em conjunto com a alvenaria. A vantagem desse sistema é o menor consumo de madeiras, pois, as paredes fazendo parte das formas, auxiliam na contenção do concreto. Quando as paredes alcançarem sua altura final, chamada de respaldo, a segunda parte do pilar é concretado nos mesmos moldes.

O mesmo vale para as vigas que serão concretadas usando a parede como fundo e a contenção feita através de tábuas nas laterais. A dificuldade desse processo está na fixação das madeiras que, quando malfeita, causam deformações nas peças estruturais. Esses defeitos demandam um excesso de argamassa no revestimento final. Por esta razão, esse sistema é permitido somente em obras de pequeno porte, onde a estrutura estará exposta a cargas não tanto expressivas.

Em obras de médio e grande porte, o sistema empregado é o da concretagem independente, em sua totalidade. Assim, as formas são montadas primeiramente para a moldagem dos pilares, em seguida, as dos vigamentos. Essas etapas são acompanhadas dos respectivos travamentos, dos escoramentos e contraventamentos. Na sequência, as formas das lajes são montadas e escoradas. Nessas operações, as ferragens também são posicionadas e travadas com espaçadores. Quando tudo estiver de acordo e revisado, a concretagem se inicia, de maneira a formar uma peça única, depois de curada.

As estruturas pré-fabricadas, classificadas como isostáticas são caracterizadas também pela concentração de cargas nos pilares, porém, permitem uma certa mobilidade. As peças são padronizadas, previamente

preparadas, transportadas e montadas no local. Neste caso, se houver algum recalque no terreno, este será absorvido e não afetará o restante significativamente.

As peças que servirão para as vigas e pilares, são produzidas em concreto armado ou aço. A escolha do material empregado na obra dependerá de diversos fatores. Em shopping center, por exemplo, o concreto é o preferido. Na montagem, as peças são apenas encaixadas e travadas por pinos ou rebaixos. No final temos um conjunto que se sustenta pelo próprio peso.

As estruturas metálicas são aplicadas em maior escala, nos edifícios de escritórios ou comerciais. Apesar da rigidez nas ligações feitas com porcas e parafusos, toda a estrutura ainda possui uma certa flexibilidade. Ainda cara no Brasil, tem como vantagem a rápida finalização da obra. Assim como os pilares e vigas, as lajes também podem ser concretadas em formas metálicas, conhecidas como “steeldeck”.

Acima vemos um sistema conhecido como alvenaria estrutural, muito usado em obras residenciais individuais ou coletivas. É caracterizado por não constituir uma estrutura independente de pilares e vigas, pois, os mesmos são embutidos na própria alvenaria, servindo apenas como reforço. Os blocos utilizados, sem fundo, possuem furação na vertical onde são “grauteados”. Blocos canaleta substituem as vigas convencionais.

Esses elementos de alvenaria são especiais e de acabamento superior, padronizados e atestados quanto à resistência. Podem ser revestidos ou não. Se aparentes necessitam de proteção quanto a intempéries. O sistema demonstra ser 25% mais econômico que o convencional. O único limitador para seu uso é o de não proporcionar grandes espaços.

Os blocos são padronizados e produzidos com rigidez no controle de qualidade, possuindo vários tipos de resistência, dependendo do seu emprego. Sua economia está principalmente em não necessitar de formas de madeira e baixo consumo de concreto e ferros. Internamente os painéis de paredes são planos e aprumados, necessitando apenas de uma camada de gesso. Externamente são aplicados argamassa já na cor desejada.

Quando usados elementos cerâmicos a altura está limitada a oito pavimentos e os de concreto pode chegar aos vinte.

A alvenaria estrutural, comum em edifícios, possui a rigidez característica das estruturas hiperestáticas, mesmo que executada de modo diferente, estando sujeitas ao mesmo comportamento.

## – MALHA ESTRUTURAL

O Projeto arquitetônico consiste num conjunto de informações que visam detalhar as etapas da obra ao máximo, a fim de facilitar sua execução. Os desenhos e tabelas feitos no papel ou usando aplicativos de informática devem ser de tal forma suficientes que permitam o planejamento e a antecipação de problemas que possam ocorrer.

Além da conhecida Planta de Prefeitura, que pouco auxilia neste sentido, o detalhamento hidráulico, elétrico, estrutural e de acabamentos, é fundamental para que se evite decisões circunstanciais conforme apareçam. Independentemente do porte a obra e de seu uso, essas informações são imprescindíveis.

Dentre esse conjunto, destaca-se a modalidade adotada para a execução da superestrutura.

Como visto anteriormente o sistema construtivo, basicamente, se divide em convencional e autoportante. O convencional, por sua vez, precisa ser definido de que forma ele será executado, se independente ou em conjunto com a alvenaria. Em obras de pequeno porte, residenciais ou comerciais, esta informação é muito importante, pois define o consumo necessário de madeiras.

Se os materiais empregados na superestrutura diferem do concreto, ou da forma a ser executada, seja perfis metálicos, seja madeira, os elementos estruturais precisam ser posicionados. Isto definirá de que forma as cargas da cobertura e das paredes serão transferidas para o solo através das fundações.

Se for utilizado uma alvenaria estrutural, ou seja, autoportante, os pontos de reforço com concreto e ferro deverão ser posicionados para ter o seu volume e custo conhecido.

Em suma, esse Projeto definirá a malha estrutural necessária para estabilizar a edificação, bem como, facilitar o planejamento da obra.

A criação da malha estrutural pode ser feita de duas maneiras e essa escolha dependerá da funcionalidade da edificação. Em obras de uso público ou não, mas com grande área de cobertura ou grande espaço produzido, muito provavelmente será adotada uma malha modular. Isto significa manter o espaçamento entre os pilares, criando espaços iguais. As divisórias de alvenaria ou não, poderão definir a melhor utilização desse espaço, porém não terá nenhuma função estrutural.

A malha modular é uma solução que visa também, facilitar o cálculo estrutural e a execução de formas e armaduras, se for adotado o sistema convencional. Com relação ao cálculo estrutural é de fácil entendimento que as dimensões das peças e o volume de ferros, dependem do vão entre pilares. Assim sendo, os valores unitários

servirão para todas as peças que se igualem a ela, bastando manter um espaçamento igual entre pilares, formando módulos com áreas iguais. Desse modo, tudo o que for dimensionado para um módulo valerá para os demais.

Nem sempre é possível criar uma malha modular e aproveitar suas vantagens. No caso de uma planta residencial, por exemplo. Não há equivalência de suas áreas devido à funcionalidade dos compartimentos. Geralmente a sala é o maior cômodo, onde recebemos visitas e o mobiliário ocupa mais espaço. Depois há diferenças entre os dormitórios de casal e de solteiro. As cozinhas dependem muito dos costumes de cada família, podendo ser pequenas ou até maiores que a sala. Os banheiros também não seguem uma padronização. É preciso esclarecer que o foco aqui são as residências, seja térrea ou assobradadas. Os apartamentos seguem outra filosofia de uso.

Diante disto, devemos procurar produzir uma malha semelhante, usando alguns critérios básicos, partindo de uma planta já definida.

Numa primeira etapa locamos os pilares nos encontros de paredes, seja nos cantos ou divisórias, considerando que vamos adotar a concretagem em conjunto com a alvenaria.

Esta atitude visa economizar madeiras para a montagem das formas, pois, as paredes farão parte delas.

Com base na distância média de 3.00 a 4.00 metros, eliminamos os pilares que estiverem muito próximos, muito comum em banheiros.

Podemos, em seguida, deslocar ou criar pilares, a fim de manter este espaçamento médio ideal para a distribuição da carga para as fundações.

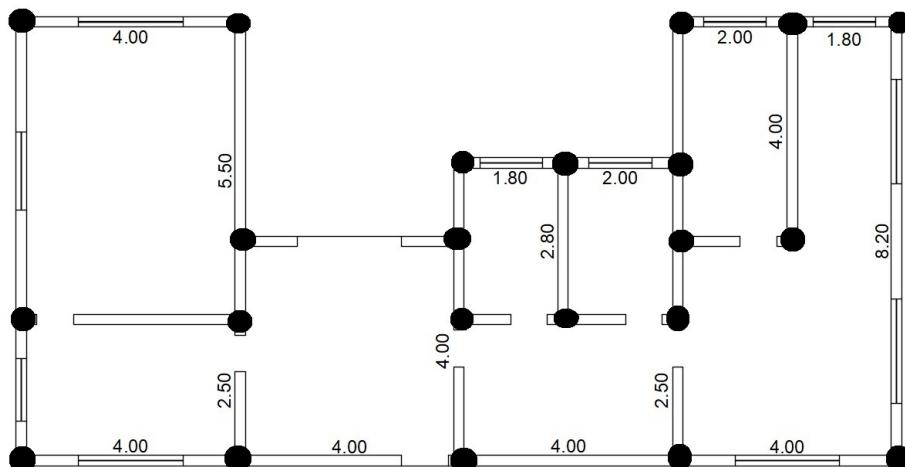
A junção das paredes sem pilares poderá receber reforço de ferros finos chumbados na argamassa. São barras com comprimento em torno de 1 m, dobradas em forma de "L". Elas são posicionadas a cada duas ou três fiadas de blocos.

A prática demonstra que essas ligações são melhores do que entre pilares, que ao longo do tempo revelam trincas no acabamento.

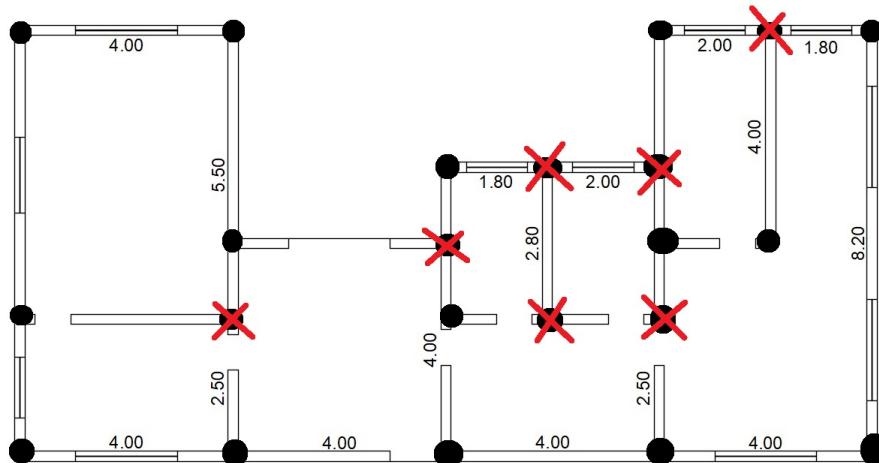
Em se tratando de cálculo estrutural é comum, em obras de médio e grande porte, o dimensionamento a partir do vão teórico, que é a medida entre eixos das vigas.

- EXEMPLO - Malha estrutural não modular

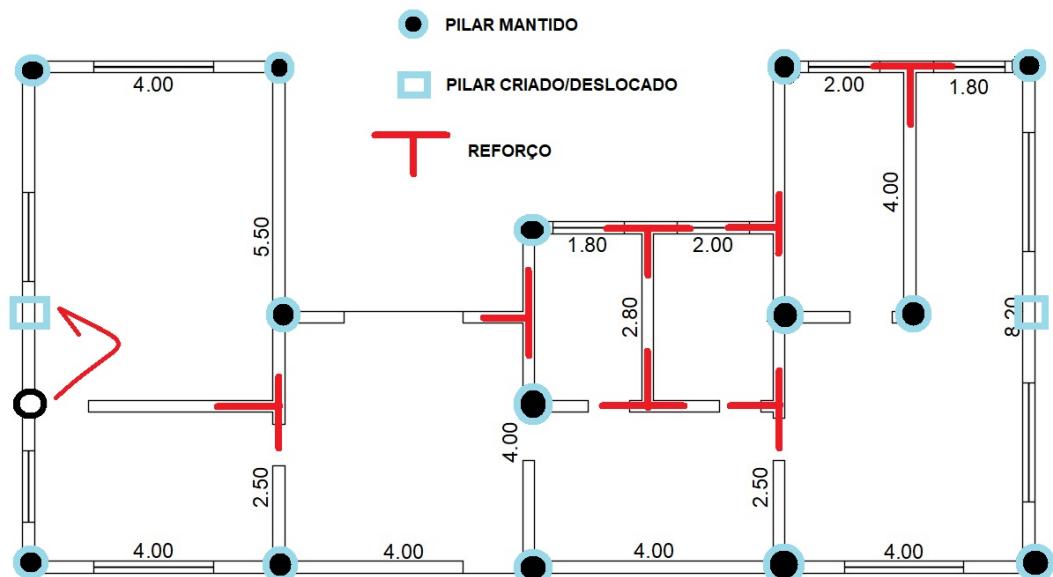
1<sup>a</sup>. Etapa:



2<sup>a</sup>. Etapa:



3<sup>a</sup>. Etapa:



## - FORMAS E ESCORAMENTOS

### - FORMAS:

Se o sistema construtivo adotado para a superestrutura for o moldado “in loco”, chamado de convencional, então é preciso pensar no planejamento de formas, escoramentos e armaduras.

As formas servem de moldes para dar forma ao concreto. Elas devem obedecer a pré-requisitos de maneira a facilitar a execução, evitar erros e gastos desnecessários.

Sua execução deve estar rigorosamente de acordo com as dimensões indicadas em um projeto específico. Elas devem ter a resistência necessária para não se deformarem sob a ação dos esforços a que estarão sujeitas. Neles estão contidos o seu peso próprio, o do concreto fresco, o peso das armaduras e das cargas acidentais. Para compensar a deformação inevitável sob ação das cargas, vigas e lajes com grandes vãos deverão ter contra flecha (arqueamento para cima), dimensionada pelo engenheiro calculista.

Elas também devem ser estanques, isto é, não permitir vazamentos. Esta condição é importante para evitar a perda da nata de cimento. Então, devemos observar o alinhamento das tábuas ou chapas de maneira a permitir a melhor junção possível. Eventuais fendas deverão ser cuidadosamente tapadas, usando-se pedaços de

papel umedecido. A embalagem do cimento é, geralmente, usada para esta finalidade como também um sarrafo sobreposto.

As formas devem permitir a desmontagem de seus elementos com relativa facilidade, principalmente sem choques à estrutura recém-concretada. Assim, o escoramento deve ser travado através de cunhas (complementos de altura) ou qualquer dispositivo apropriado. É importante obter um maior número de reutilizações possíveis das peças.

As obras de concreto aparente requerem chapas de compensado ou madeira aparelhada, em pequenas dimensões.

A responsabilidade de verificação deste trabalho está a cargo do Mestre da Obra e do Engenheiro Responsável.

Os resíduos de madeira e serragem gerados durante a execução das formas, assim como outros detritos devem ser retirados antes da utilização. É comum também, no processo de montagem dessas estruturas, a impregnação de outros tipos de resíduos como pedaços de eletrodutos, pontas de arame, cacos de lajotas ou tijolos, etc. Antes da concretagem, além da limpeza geral para evitar a mistura com o concreto, é necessário molhar as formas abundantemente.

Há casos, não muito comuns, de lajes rebaixadas, necessitando de cuidados especiais na execução das formas, que devem ser especificadas com detalhes no projeto estrutural.

Os profissionais envolvidos para execução de formas são denominados carpinteiros e ajudantes. Normalmente estes profissionais trabalham em duplas, que poderá estar composta de:

- Um Carpinteiro e um Ajudante;
- Um Carpinteiro e um Meio Oficial de Carpinteiro (aprendiz de carpinteiro);
- Dois Carpinteiros.

A experiência neste trabalho, tanto do carpinteiro como do ajudante, é de suma importância. A falta dela pode ocasionar, além da baixa produtividade, a exposição da equipe em risco de segurança. Lembre-se que normalmente estes profissionais estão trabalhando em grandes alturas, em locais de difícil acesso e com materiais de grandes dimensões (tábua com 4 metros ou mais, chapas de compensado, etc.)

Acima da boa relação custo/benefício é preciso privilegiar a segurança.

Se um carpinteiro for questionado sobre a formação de sua equipe, geralmente em duplas, sua preferência será invariavelmente: outro carpinteiro. Todavia, será sempre a opção mais cara. O ideal é fazer alguns testes na obra para verificar esta compatibilidade entre os operários e assim, montar as duplas.

As operações de desmontagem das formas também obedecem a certos critérios em relação ao tempo de cura. A posição da peça concretada é que determina o prazo mínimo de desforma. Para os pilares são necessários um mínimo de três dias para serem desformados. Isto é importante para o planejamento da montagem no andar de cima em obras prediais. As laterais das vigas também podem ser desformadas em três dias, porém, o fundo da forma deverá permanecer por sete dias. É imprescindível que se mantenha ainda o escoramento.

Assim, se justifica a versatilidade necessária para a desmontagem da forma e consequente reutilização.

Ainda falando sobre vigas, é preciso duplicar o fundo para sua remontagem, já que o anterior ainda aguardará a cura.

As lajes obedecem aos critérios pertinentes a sua espessura. As que possuem até dez centímetros podem ser desformadas após sete dias. Para espessuras maiores deve-se aguardar um mínimo de vinte e um dias, sendo que o ideal seria mesmo respeitar um prazo de vinte e oito dias.

#### - ESCORAMENTOS:

São os elementos que deverão manter as formas de vigas elevadas ou fundo de lajes estáveis durante o processo de lançamento do concreto e seu adensamento por vibração. Poderão ser construídos com:

- Pontaletes com secção quadrada (caibros) de 7,5 x 7,5 cm (bastante usual);
- Pontaletes redondos de madeira bruta (Eucalipto);
- Estrutura Metálica própria para esta finalidade;

Para o cálculo de consumo de peças, considerando estruturas usuais de concreto armado, é preciso considerar os vãos entre pilares. Se for de 3,00 a 4,00 metros e vigas com secção aproximada de 15x40 cm, será necessário 1 pontalete para cada 1 m<sup>2</sup> de laje.

É preciso frisar também que existem dois tipos de concretagem: a independente e em conjunto com a alvenaria. No segundo caso o consumo de madeiras é menor, pois, as paredes servem como contênsor do concreto. Este processo só é utilizado em obras de pequeno porte.

Para vigas aéreas, concretadas de forma independente, é indicado o uso de escoramento em forma de batente, usando-se dois pontaletes e uma travessa. A distância máxima entre eles deve ser de 1,20 m. Assim a sua

estabilidade estará garantida. Outra forma usada seria a cruzeta, um triângulo de madeira, invertido e preso a um pontalete. Este deve ser usado somente nas extremidades.

Essas peças verticais deverão ser travadas horizontalmente com sarrafos de 10 cm, se o escoramento for de madeira. A isto dá-se o nome de contraventamento. Se metálico, o travamento se fará de forma apropriada. Para vãos de maiores dimensões e lajes espessas, os escoramentos necessários levarão em conta a quantidade e o peso do concreto, correspondente.

Cuidado especial com escoramentos de lajes ou vigas do primeiro pavimento, em que esses apoios estejam assentados sobre o terreno ao natural, mesmo que compactado. A carga concentrada sobre os pontaletes ou escoras metálicas, incidirão sobre o terreno, causando afundamento. Qualquer recalque durante a concretagem, gerará um desalinhamento ou arqueamento, prejudicando o trabalho.

Para evitar esses contratemplos devemos prever pedaços de tábuas sob esses apoios. Uma maior área de contato aumentará a resistência e anulará esta movimentação.

Os escoramentos deverão ser cortados mais curtos e receber calços, chamados de cunhas. Isto é importante para ajustar a altura e o nivelamento das formas.

As cunhas deverão ser usadas mesmo quando o escoramento se apoia sobre o contra piso ou laje de concreto. Cuidar também para que o pé do pontalete esteja cortado no esquadro, sem inclinações em relação ao piso. As emendas são aceitáveis desde que sejam executadas no terço inferior ou superior da escora, sempre em forma de “sanduíche”.

Esta etapa é facilmente resolvida usando-se os escoramentos metálicos, que disponibilizam grampos presos a orifícios no tubo de sustentação.

Atualmente esse sistema não gera custos tão elevados, além de proporcionar praticidade e agilidade à obra. O uso da madeira está cada vez mais restrito pela razão de, quase sempre, ser descartada no final.

Usualmente, este tipo de escoramento é alugado de empresas especializadas, que no conjunto dos serviços propostos está incluso:

- Confecção do projeto de escoramento;
- Supervisão e orientação técnica para montagem e desmontagem;
- Entrega do material na obra e consequente retirada após a liberação das peças.

#### - QUANTIFICAÇÕES:

São necessárias cópias do projeto de formas e levantamento planialtimétrico do terreno para a cotação de preços. O escoramento é realizado por um conjunto de peças, montado conforme orientações do fabricante e pela equipe da obra (carpinteiros). As peças têm regulagem de altura e consiste num sistema simples de utilização.

Atualmente existe um grande elenco de alternativas para confecção de formas estudadas e projetadas para todos os tipos de obras. As de pequeno porte, geralmente, são confeccionadas na própria obra. As de grande porte são confeccionadas por empresas especializadas. No caso de edifícios residenciais, um jogo de formas vai servir para todos os pavimentos.

O travamento das formas em obras de pequeno porte, são improvisados usando-se arames trançados. Ao transpassar as formas eles são esticados através de torniquete feitos com sarrizo.

Para grandes coberturas, há a possibilidade do aluguel de peças, geralmente chapas de compensado.

As formas significam cerca de 40% do custo total das estruturas de concreto armado. Considerando que a estrutura representa em média 20%, do custo total de um edifício concluímos que racionalizar ou otimizar o sistema, corresponde a um ganho de 8% no custo da construção.

Nessa análise, estamos considerando os custos diretos, mas existem também os chamados indiretos, que podem alcançar níveis representativos.

Durante a execução da estrutura (forma, armação e concretagem) a montagem das formas é geralmente uma fase delicada e responde por cerca de 50% do prazo de execução do empreendimento. Portanto, o seu ritmo estabelece o ritmo das demais atividades e eventuais atrasos. As formas são responsáveis por 60% das horas-homem gastos para execução da estrutura e os 40% restantes ficam para as atividades de armação e concretagem. Portanto, é necessário ter atenção a esses detalhes para satisfazer todos os requisitos e ter uma perfeita execução.

#### - Materiais e ferramentas:

O tipo de material a ser empregado na execução de formas, deve estar de acordo com o acabamento superficial das peças concretas. Podem ser tábuas de madeira serrada, chapas de madeira compensada resinada, chapas de madeira compensada plastificada, além dos pregos e barras de ferro redondo para serem utilizados sob forma de tirantes. Existem também, diferentes tipos de formas metálicas assim como pontaletes tubulares.

As pontes e viadutos servem-se de formas metálicas em razão do longo vão a ser vencido. Elas são montadas com chapas metálicas e fixadas com porcas e parafusos. Pode ser previsto também o uso de solda para

a fixação. Geralmente elas são montadas ao lado da obra, em terreno plano e compactado para não haver movimentações. Após a cura e desforma, essas vigas são lançadas através de guindastes sobre os pilares já concretados.

Há também o sistema conhecido como balanços sucessivos, onde a forma metálica é lançada e suspensa por guindaste no próprio tabuleiro já curado. Após as sucessivas concretagens o corpo da ponte avança até encontrar o lado oposto. Isto é feito ao mesmo tempo nos dois lados do pilar de sustentação. Assim é conseguido o equilíbrio do conjunto. Este sistema foi inventado por um brasileiro, Emílio Baumgart, em 1.930.

a) Especificações para tábuas de madeira serrada:

- Elevado módulo de elasticidade e resistência razoável e não ser excessivamente dura; baixo custo.
- As madeiras utilizadas são o pinho, cedrinho, timburi e similares. As bitolas comerciais mais comuns são as de 2.5 x 30 cm, 2.5 x 25 cm e 2.5 x 20 cm.
- As tábuas podem ser recortadas e desdobradas em sarrafos, sempre com a espessura de 2.5 cm e largura de 15, 10 e 5 cm.

b) Especificações para chapas de madeira compensada:

- As mais usadas para formas têm dimensões de 1.10 x 2.20 m e a espessura varia de 6, 10 e 12 mm. As chapas têm acabamento resinado quando as estruturas de concreto armado forem revestidas ou argamassadas. Serão plastificadas quando as estruturas ficarem aparente.
- As chapas compensadas são compostas por diversas lâminas coladas com cola branca PVA ou fenólica. As chapas coladas com cola fenólica são mais resistentes ao descolamento das lâminas quando submetidas à umidade.

c) Especificações para os escoramentos:

- Podemos utilizar pontaletes de eucaliptos, que é um tipo de madeira bruta e de baixo custo. São cortadas e utilizadas sem nenhum beneficiamento.
- Outra opção está nos caibros, madeiras utilizadas em estruturas de telhado. São padronizados em 5 x 6 cm, 5 x 7 cm e 8 x 8 cm. Vigas também podem ser utilizadas, encontradas em dimensões padronizadas de 6 x 12 cm e 6 x 16 cm.

d) Especificações para Pregos:

- Eles obedecem às normas ER-73 e PB-581 ABNT.
- Os mais utilizados para a execução das formas são: Formas de tábuas = 18 x 27 cm e 19 x 36 cm; Formas de chapas = 15 x 15 cm e 18 x 27 cm; Escoramentos = 19 x 36 cm e 18 x 27 cm.
- O diâmetro deve ser escolhido entre 1/8 e 1/10 da espessura da peça de menor espessura.

Devemos deixar os materiais em locais cobertos e protegidos do sol e da chuva.

Em relação ao manuseio das chapas de compensado deve-se tomar o cuidado para não danificar os bordos. As ferramentas utilizadas para a execução das formas são as de uso do carpinteiro, como o martelo, serrote, lima, etc. Também utilizamos uma mesa de serra circular e uma bancada com gabarito para a montagem dos painéis.

A mesa de serra deve ter altura e todos os sistemas de proteção que permita proceder ao corte da seção, de uma só vez. Suas dimensões devem ser coerentes com as dimensões das peças a serrar. É importante também, adotar-se um disco de serra com dentes compatíveis com o corte a ser feito.

**- Componentes e função:**

- Painéis: Superfícies planas formadas por tábuas ou chapas, etc. Formam os pisos das lajes, as faces das vigas, dos pilares e paredes.
- Travessas: Peças de ligações entre tábuas ou chapas dos painéis de vigas, pilares e paredes, geralmente feitas de sarrafos ou caibros.
- Travessões: Peças de suporte empregadas apenas nos escoramentos dos painéis de lajes, geralmente feitos de sarrafos ou caibros.
- Guias: Peças de suporte dos travessões geralmente feitas de caibros ou tábuas trabalhando a cutelo (espelho). Usando-se tábuas, os travessões são suprimidos.
- Faces: Painéis que formam os lados das formas das vigas.
- Fundo das vigas: Painéis que formam a parte inferior das vigas.
- Travessas de apoio: Peças fixadas sobre as travessas verticais das faces das vigas destinadas ao apoio dos painéis de lajes e dos suportes dos painéis de laje (travessões e guias).
- Cantoneiras: Peças triangulares pregadas nos ângulos internos das formas.

- Gravatas: Peças que fixam os painéis das formas dos pilares e vigas.
- Montantes: Peças destinadas a reforçar as gravatas dos pilares.
- Pés direito: Suportes das formas de lajes, geralmente feitos de caibros ou troncos de eucaliptos.
- Pontaletes: Suportes das formas das vigas, geralmente feitos de caibros ou troncos de eucaliptos.
- Escoras: (mãos - francesas) Peças inclinadas, trabalhando a compressão.
- Chapuzes: Pequenas peças feitas de sarrafos, geralmente empregadas como suporte e reforço de fixação das peças de escoramento, ou como apoio extremo das escoras.
- Talas: Peças idênticas aos chapuzes destinadas à ligação e a emenda das peças de escoramento.
- Cunhas: Peças prismáticas, geralmente usadas aos pares.
- Calços: Peças de madeira as quais se apoiam os pontaletes e pés direitos por intermédio de cunhas.
- Espaçadores: Peças destinadas a manter a distância interna entre os painéis das formas de paredes, fundações e vigas.
- Janela ou óculo: Aberturas localizadas nas formas de pilares destinadas a limpeza ou concretagem.
- Travamento: Ligação transversal das peças de escoramento que trabalham a flambagem.
- Contraventamento: Ligação destinada a evitar qualquer deslocamento das formas interligando-as entre si.

#### **- Soluções aplicadas à pequenas obras: Detalhes de montagem**

Como já comentado anteriormente, existem duas formas de montagem das formas. Isto é fundamental para planejar o consumo de madeiras durante a obra.

Em obras de médio e grande porte adota-se a concretagem independente por questões de segurança. Neste processo todo o esqueleto estrutural é executado primeiramente e os fechamentos e divisórias de alvenaria, ficam em segundo plano. Assim, esses últimos não têm nenhuma função estrutural, apenas delimitarão os espaços.

Nesse sistema o consumo de madeiras é maior e as quantidades dependerão da área construída, caso dos edifícios por exemplo. Neles, os andares são concretados de uma só vez.

Nas obras de pequeno porte geralmente usa-se a concretagem em conjunto com a alvenaria por razões de economia. Isto é aceitável por se tratar de pequenas cargas, desde que não ultrapasse a dois pavimentos.

A quantidade necessária dependerá exclusivamente ao ritmo que se quer dar à obra, balizado logicamente pelo capital disponível.

#### **- Concretagem independente:**

Pilares – os painéis verticais são compostos por quatro faces e travados por gravatas que abraçam totalmente a caixa. Quando forem concretados antes das vigas, garantimos o prumo prevendo contraventamentos em duas direções, pelo menos, sendo que nas quatro, o ideal. Colocados em ângulo sobre o piso, devem ser travados adequadamente. Na fixação usar pregos 18 x 27 cm ou 19 x 36 cm nas ligações entre a forma e os apoios. Em pilares altos prever contraventamentos em dois ou mais pontos na altura. As peças muito longas devem ser reforçadas com travessas de sarrafos para evitar a flambagem.

As gravatas são proporcionais à altura dos pilares para que possam resistir ao empuxo lateral do concreto fresco. A distância entre as gravatas deve estar entre 30 e 40 cm.

Deixar na base das formas dos pilares, uma janela (óculo) para a limpeza e verificação do preenchimento de concreto. Após o lançamento ela deverá ser fechada com uma peça previamente preparada.

Prever janela intermediária a cada 2,00 m para concretagem em etapas. Esta tem a função de facilitar a vibração e evitar a desagregação do concreto quando lançado de maior altura. Isto poderá gerar espaços ocos dentro da forma, conhecidos como bicheiras.

Usa-se poucos pregos e o sistema de encaixe garante sua reutilização por mais vezes.

O consumo de madeiras pode ser conhecido pela fórmula:

$$\text{Total (m)} = (\text{altura} \times 4) \times \text{nº pilares}$$

Além das gravatas, o travamento é feito através de barras metálicas que atravessam a forma, chamados de “espaguete”. Eles são fixados com porcas conhecidas como “borboletas”. Isto é usado principalmente nos pilares delgados, comprimindo a forma contra a armadura.

Para o consumo de madeiras destinada às gravatas (sarrafos de 5 cm), podemos adotar a fórmula abaixo supondo pilares quadrados ou retangulares.

Considerando: - altura entre vigas

- espaçamento entre 30 e 40 cm

- 4 lados
- n° pilares (total)
- c = comprimento da gravata (largura do pilar + 10 cm)

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{altura} / \text{espaçamento}) + 1 \times 4 \times \text{nº pilares} \times c}$$

Obs.: O resultado, em todos os casos, é expresso em metros lineares.

Vigas – após o travamento do escoramento devidamente alinhado e nivelado, montamos a caixa com três faces, isto é, com fundo. Um reforço de madeira fixado na caixa do pilar servirá de apoio para a extremidade da forma.

Quantidades:

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{comprimento} \times 3) \times \text{nº vigas}}$$

O consumo de sarrafos para a confecção de gravatas deve seguir ao espaçamento exigido, entre 60 e 80 cm. Aplicamos a fórmula correspondente e definimos a metragem necessária.

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{comprimento}/\text{espaçam.}) + 1 \times \text{nº vigas} \times c}$$

#### **- Concretagem em conjunto:**

Pilares – Esta modalidade construtiva é aplicada em quase todas as obras de pequeno porte. Isto incluem casas térreas e sobrados, bem como edificações comerciais. A razão para esta atitude está no menor consumo de madeiras. Nesse processo a montagem das formas se dá junto com a elevação da alvenaria. Então, ela acaba servindo de forma também.

Quando as paredes estiverem à meia altura e a ferragem posicionada, fixamos uma tábua de cada lado em vãos previamente locados, conforme a malha estrutural. Então, concretamos a primeira etapa do pilar. As tábuas, geralmente usadas neste processo, podem ou não serem retiradas, dependendo da necessidade.

Quando a parede estiver no respaldo, a segunda etapa do pilar é executada.

A fórmula para o consumo ficaria assim:

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{altura} \times 2) \times \text{nº pilares}}$$

Esta prática de executar a estrutura junto com a alvenaria pode trazer alguns inconvenientes e não só economia. A montagem das formas deve receber um cuidado especial, pois, estando “frouxas” permitem a perda do concreto. Naturalmente já são difíceis de serem ajustadas por não permitir que as gravatas as abracem.

No caso dos pilares, as gravatas deverão ter um comprimento bem maior que a tábua (geralmente 30 cm), para que sejam amarradas com o arame recozido. A parede deverá ser furada para a passagem do arame, sendo que este deverá ser tracionado através de um torniquete. Além disso, cunhas também podem auxiliar nesta tarefa, como mostrado acima.

O consumo de sarrafos pode ser previsto usando a fórmula abaixo, lembrando que o espaçamento deve ficar entre 30 e 40 cm.

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{altura} / \text{espaçamento}) + 1 \times 2 \times \text{nº pilares} \times 0.4}$$

Vigas – Em relação a vigas, a situação é ainda mais difícil. A começar pela sustentação da tábua que deve ficar pelo lado externo.

Nos dois casos a dificuldade está no fato delas ficarem soltas e não como uma caixa, igual ao sistema independente.

Começamos pela fixação de pedaços de sarrafo ao longo da parede já na altura definitiva. Vale lembrar que esta fixação deve ser feita com pregos e estes não aderem corretamente nos blocos de concreto. Os blocos cerâmicos dificultam mais ainda esta fixação. Uma solução para esse caso está no transpasse de arame pelo bloco para fixação do sarrafo de apoio.

Em seguida, posicionamos a armadura com os espaçadores presos a ela, sobre as paredes, ao contrário do que fazemos na concretagem independente. Então, as tábuas são colocadas nas laterais sobre os apoios. É importante que as tábuas estejam furadas previamente para a passagem do arame que manterá o conjunto tracionado.

Estando todo esse conjunto devidamente firme, a fixação das gravatas na parte superior garantirá um bom trabalho. Sempre é bom lembrar que o concreto, além de esforçar as formas, pode vazar pelas frestas entre as emendas de formas. A fixação de pedaços de madeira resloverá essa questão, além de servir de reforço.

Esta etapa deve ser preparada com cuidado para não haver desperdícios, atrasos e dificuldades na execução do acabamento.

O consumo de tábuas pode ser conhecido através da fórmula abaixo.

$$\text{Total (m)} = (\text{comprimento X 2}) \times \text{nº vigas}$$

A quantidade de sarrafos para confecção das gravatas, que geralmente tem comprimento de 30 cm e espaçamento entre 60 e 80 cm, pode ser determinada pela fórmula abaixo.

$$\text{Total (m)} = (\text{comprimento / espaçamento}) + 1 \times \text{nº vigas} \times 0.3$$

Após a definição das quantidades necessárias de madeiras para as formas e escoramentos, em cada etapa, somamos os valores e aplicamos a porcentagem de perda. É comum o acréscimo de 10% na metragem total. Dessa forma, é possível prever o custo desses itens e especificar o padrão de entrega.

Normalmente, as tábuas e sarrafos são vendidas em peças de 3 metros ou pedaços de meio em meio metro.

#### - Resumo:

TIPO	SAPATAS	VIGAS	PILARES	TOTAL (m)	TOTAL + 10 % (m)
Tábua de 30 cm					
Sarrafos de 5 cm					

## – ARMADURAS

#### - Função:

As armaduras complementam as estruturas de concreto, dando-lhes flexibilidade e sustentação. Elas podem ser montadas na própria obra ou compradas prontas.

Elas requerem um dimensionamento quanto a “bitola” e posicionamento. Sua função é anular os esforços provocados pela força peso, exercida pelos materiais usados na construção.

Em obras de médio e grande porte são efetuados ensaios de tração em cada lote recebido para verificar sua resistência. Assim, são escolhidos dois pedaços de 2.2 m que não sejam da extremidade, para serem tracionados.

Depois de montadas, as armaduras devem ser estocadas em local seco e coberto, assim como estar isentas de graxas ou sujeiras antes da concretagem. Sua integridade favorece a aderência.

A configuração final depende do posicionamento da mesma, mas basicamente, as grelhas caracterizam as lajes. As vigas e pilares formam paralelepípedos e as gaiolas identificam as fundações.

#### - Projeto:

O projeto estrutural conterá, além da planta de Formas (que são os moldes para o concreto), a planta de Armaduras, contendo o detalhamento das armações.

Os aços para construção civil são classificados como: CA 50 e CA 60. Além do que, acompanham as letras A e B. Os de classe B são os mais comuns. Os de classe A possuem patamar de escoamento, o que significa que esse aço excede as especificações, caso necessário eles resistirão mais do que o esperado.

O projeto conterá detalhadamente cada ferro da estrutura com informações de diâmetro, comprimento e dobras, além de especificar o seu posicionamento no interior da peça de concreto. Há uma simbologia específica para a identificação dos componentes no projeto, de maneira a uniformizar o entendimento.

O projeto apresentará também, uma tabela resumo por folha de desenho com os comprimentos e quantidades em quilos de ferro, necessários para realizar a armação projetada. Por esta tabela se fará a compra do aço para a obra.

#### - Execução:

Estribos – As barras precisam ser dobradas para que possam compor a armadura e cumprir sua função. Quando dobradas recebem o nome de estribos. Para isso usamos as barras finas como: 3.4 – 4.2 – 5.0 – 6.3 mm.

São peças transversais ao sentido da peça e tem a função de resistir à esforços de cisalhamento. Também apresentam a função construtiva, de manter os outros ferros em sua posição, amarrados com arame recoberto

numero 18. As que são oferecidas no comércio em geral, são soldadas. O projeto estrutural irá definir o diâmetro deste ferro, forma de dobrá-lo e espaçamento (distância entre os estribos).

Barras longitudinais – Posicionadas na parte superior e inferior, tem a função de resistir à esforços no interior da peça de concreto, podendo ser de flexão, tração e compressão. Essas barras longitudinais, mais grossas, dão forma a peça. São elas: 8.0 – 10.0 – 12.5 – 19.0 – 25.0 mm. As vigas de grande altura (acima de 60 cm) recebem também barras nas laterais, conhecidas como “costela”. É importante saber os nomes dos ferros e sua função dentro da peça, porém, cabe ao Engenheiro calculista o correto dimensionamento e posicionamento desses elementos no concreto armado. É imprescindível que toda a montagem obedeca a um projeto específico e nada poderá ser alterado sem o conhecimento de um profissional devidamente habilitado.

A obtenção das armaduras poderá ser efetuada de três modos:

- a) escolher um modelo pronto que melhor se encaixe nas formas do projeto;
- b) usar os serviços de empresas especializadas em montagem de ferragens, a partir do projeto;
- c) montar a armadura na obra, dobrando os estribos ou comprando-os dobrados e apenas efetuando a montagem.

Vamos explorar o modo mais comum e barato, que é a montagem na obra.

Abaixo temos as ferramentas e acessórios necessários para efetuar esta tarefa.

O próximo passo da montagem é a preparação do arame recoberto. Este, sendo fino, deverá ser trançado usando-se dois fios. Seguindo o projeto, fixamos os estribos enrolando o arame com o uso da torquês, mantendo o espaçamento especificado. É indicado intercalar a posição do gancho em relação às barras longitudinais.

Dependendo da situação é preciso emendar as barras ou armaduras prontas. Nesse caso, seguindo normas, as emendas deverão ser de transpasse, com um comprimento mínimo de 50 cm para barras até 8,6 mm e 60 cm se for acima deste diâmetro. Isto vale também para os chamados “ferros de espera”, quando há intenção de continuidade da concretagem. Se houver emendas entre barras, estas deverão manter uma distância mínima de 4 m.

O profissional que irá montar as armações de ferro é o armador ou ferreiro. O seu trabalho consiste em:

a) Interpretar corretamente o desenho do projeto estrutural, sabendo montar as armações conforme projetado;

- a) saber identificar os diferentes tipos de ferros e seus diâmetros;
- b) cortar as barras de ferro de acordo com as dimensões indicadas;
- c) dobrá-las de acordo com o solicitado, respeitando os raios de curvatura dos dobramentos;
- d) montar os diversos ferros que compõem a armadura amarrando-os com arame.

Em algumas obras ocorrem casos de quebra de barras de aço. Este fato é observado quando do seu dobramento através de ferramentas manuais e, na maioria das vezes, em obras onde existem grande variação de bitolas. Operários menos experientes não atentam para a necessidade de substituir o diâmetro do pino de dobramento, e estas chegam a se romper por tração.

A recomendação para estes casos é que os diâmetros dos pinos sejam os mais próximos possíveis aos especificados. Caso as barras continuem quebrando, é recomendado que sejam feitos ensaios de caracterização do lote.

Não devemos apoiar o aço diretamente no solo, pois, a umidade irá gerar oxidação e consequentemente a perda do material. Lembrando que aço oxidado perde a resistência. Guardar longe do chão.

Ocasionalmente as barras de espera não coincidem com sua localização em planta. Isto ocorre por causas diversas tais como:

- 1) Falta de amarração adequada;
- 2) movimentação das barras durante a concretagem;
- 3) descuidos na locação dos pilares.

Para evitar o problema, recomenda-se um melhor controle na montagem para melhor rigidez da estrutura, impedindo o seu deslocamento. A execução de um quadro de madeira para servir de apoio às barras de espera, tem resultado positivo. Dobras de correção para que as mesmas alcancem sua posição (engarrafamento das armaduras), não são permitidas, devendo-se nesses casos, consultar o projetista.

As estruturas das fundações podem ser expostas a agentes agressivos presentes na água contida nos solos. Elas merecem atenção especial devido ao ataque de agentes agressivos presentes nessas circunstâncias, levando a expansão e desagregação do concreto. Vigas baldrames, blocos de estacas e sapatas, não devem ter suas armaduras apoiadas diretamente sobre o solo. Ficando descobertas pelo concreto ocorrerá a corrosão. Para que isso não ocorra recomenda-se que seja colocado no fundo das valas uma camada de concreto magro (lastro de concreto não estrutural).

**- Opções prontas:**

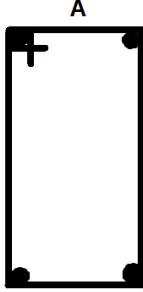
Quando a opção for a montagem feita por empresa, se faz necessário um projeto para que saia conforme o esperado. Não é simplesmente pedir algo genérico.

Abaixo tem alguns exemplos de montagem ideal para cada caso, que são seguros para obras de pequeno porte (até dois pavimentos) e que não possuem um projeto específico.

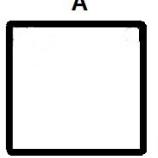
Os ferros longitudinais são de 10 mm e os estribos de 4.2 mm.

Quando a intenção for a de usar ferragens prontas, as opções a seguir mostram as situações encontradas no comércio em geral.

**- Tabela: Coluna POP (pronta)**

Formato dos estribos	Dimensões A X B (cm)	Bitola dos ferros CA 50 (mm)	Bitola dos estribos CA 60 (mm)
	7 X 14	6.3	4.2
		8.0	4.2
		10.0	4.2
	7 X 17	10.0	4.2
		6.3	4.2
		8.0	4.2
	7 X 27	10.0	4.2
		8.0	4.2
		10.0	4.2
	9 X 14	8.0	4.2
		10.0	4.2
	10 X 20	10.0	4.2

**- Tabela: Estribos quadrados**

Formato dos estribos	Dimensões A X B (cm)	Bitola dos ferros CA 60 (mm)	Peso do feixe (Kg) 100 un.
	12 X 12	4.2	6.3
		5.0	8.9
	15 X 15	4.2	7.6
		5.0	10.8
	17 X 17	4.2	8.5
		5.2	12.0

Assim como as colunas prontas, existem também as telas oferecidas no comércio em geral, destinadas à aplicação em lajes maciças ou pré-fabricadas. Elas facilitam em muito, pois, já vem soldadas, bastando apenas estendê-las sobre o tabuleiro ou sobre as treliças.

Elas são oferecidas em rolos quando tiver a malha mais espaçada. Quando não, as encontramos em placas como a tabela a seguir.

**- Tabela: Malha POP (pronta)**

Tipos	Malha (cm)	Bitola dos ferros (mm)	Peso do painel (Kg) 2.00 X 3.00 m
Leve	20 X 20	3.4	4.3
Médio	15 X 15	3.4	6.0
Reforçado	15 X 15	4.2	9.0
Pesado	10 X 10	4.2	13.2

**- Tabela: Estríbos retangulares**

Formato dos estríbos	Dimensões A X B (cm)		Bitola dos ferros CA 60 (mm)	Peso do feixe (Kg) 100 un.
	7 X	12	4.2	5.2
		17		6.3
		22		7.4
		27		8.2
	9 X	15	4.2	6.1
		17		6.8
		22	4.2	7.8
		27		8.9
	10 X	15	4.2	6.5
		20		7.6
		25		8.7
		15		9.2
		20	5.0	10.0
		25		12.3
	12 X	17	4.2	7.4
		22		8.5
		27		9.6
		17		10.5
		22	5.0	12.0
		27		13.6
	15 X	20		8.7
		25	4.2	9.8
		20		12.3
		25	5.0	13.9
	17 X	22		9.6
		27	4.2	10.7
		22		13.6
		27	5.0	15.1

Essas dimensões consideradas “genéricas” são muito usadas em obras de pequeno porte, normalmente em todas as fases da obra sem maiores problemas.

O inconveniente está no fato delas não se encaixarem corretamente nas formas, desobedecendo as regras do recobrimento.

Nesses dois últimos casos encontramos um maior número de opções, permitindo uma montagem mais adequada. Além do mais, resolve um grande problema que é a dobragem dos estríbos.

#### **- Quantificação:**

Para esta etapa é fundamental que se tenha um projeto estrutural definido e detalhado. Através dos desenhos podemos planejar a aquisição das barras, caso se opte por produzir as armaduras na obra. Mesmo que elas sejam confeccionadas por empresas, o detalhamento se faz necessário.

Focando ainda, nas obras de pequeno porte, as ferragens são quantificadas conforme seu formato final, definido pelo seu posicionamento estrutural. Vale lembrar que as barras são fornecidas com 12 metros.

Sapatas – Os ferros são dobrados em forma de retângulos. A metragem necessária pode ser conhecida pela fórmula:

$$\text{Total (m)} = (\text{perímetro X n° retângulos}) \times \text{n° sapatas}$$

Vigas – Como comentado anteriormente elas devem possuir mais de 4 barras, ao contrário dos modelos genéricos. Saberemos a quantidade de ferros pela fórmula:

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{comprimento} \times \text{nº barras}) \times \text{nº vigas}}$$

Os estribos, que dão corpo à armadura, são dobrados usando-se barras mais finas, formando retângulos ou quadrados. Ao cálculo do perímetro adicionamos 6 cm para que as pontas sejam dobradas. É necessário saber o espaçamento e usar a fórmula:

$$\boxed{\text{Total (m)} = (\text{comprimento} / \text{espaçam.}) + 1 \times \text{nº vigas} \times (\text{perímetro} + 6 \text{ cm})}$$

Pilares – Nesse caso, 4 barras são suficientes e o cálculo é semelhante às vigas. O mesmo vale para os estribos, apenas substituindo o comprimento pela altura do pilar.

## – PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DO CONCRETO

O uso do concreto nas construções em geral divide-se em: mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura.

### - MISTURA:

Conhecido também como amassamento do concreto, tem por objetivo mesclar os materiais componentes de modo a obter-se uma mistura homogênea em forma de pasta de cimento sobre as partículas dos agregados.

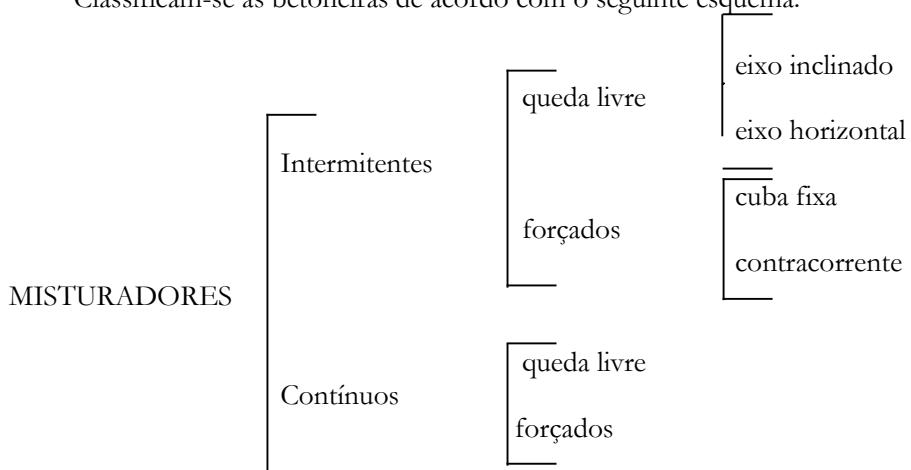
(\_) A falta de homogeneidade da mistura resulta na diminuição da resistência mecânica e da durabilidade dos concretos.

A mistura poderá ser manual ou mecanizada.

(\_) O amassamento manual, conforme a NB-1/77, item 12.3, é permitido somente em obras de pequeno porte e quando o volume e a responsabilidade do concreto não justificarem o emprego de equipamento mecânico.

A mistura mecânica é feita em máquinas especiais denominadas betoneiras. São constituídas essencialmente por um tambor ou cuba, fixa ou móvel em torno de um eixo central. Por meio de pás, que podem ser fixas ou móveis, as misturas são produzidas.

Classificam-se as betoneiras de acordo com o seguinte esquema:



(\_) A distinção entre intermitentes e contínuos está no fato de não ser necessário interromper o funcionamento da máquina para carregá-la.

Tanto as betoneiras intermitentes como as contínuas subdividem-se em queda livre ou forçada.

Para calcular o rendimento da betoneira e o número de betonadas necessárias à execução de uma determinada parte da estrutura, utiliza-se, então, a capacidade de produção. ( ) Nos traços mais fracos é indicado usar números inteiros de sacos, por ser menos trabalhoso e evitar a dosagem em volume, menos confiável.

O quadro abaixo dá algumas indicações úteis:

CAPACIDADE DA BETONEIRA		CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO Kg/m <sup>3</sup> (usando sacos inteiros)
Mistura (lts.)	Produção (lts.)	
300	210	250
250	180	300
210	150	350

As betoneiras de eixo inclinado ou basculante têm uma única abertura, tanto para carga como para descarga, variando sua inclinação conforme o necessário. O ângulo formado pelo eixo com a horizontal varia de 15° a 20°.

sendo  $d$  o diâmetro máximo da misturadora.

(\_\_\_\_) A ordem mais aconselhável de colocação de materiais nas betoneiras é:

- 1º) Parte do agregado graúdo mais parte da água de amassamento;
- 2º) cimento mais o restante da água e a areia;
- 3º) restante do agregado graúdo.

#### - TRANSPORTE:

O concreto deve ser transportado do local de amassamento para o de lançamento tão rapidamente quanto possível e de maneira tal que mantenha sua homogeneidade, evitando-se a segregação dos materiais (NB-1/77, item 13.1).

(\_\_\_\_) Esse transporte poderá ser na direção horizontal, vertical ou oblíqua, sendo que na horizontal, utilizam-se vagonetes e carrinhos, preferencialmente providos de rodas pneumáticas; na direção vertical, caçambas e guinchos; na oblíqua, correias transportadoras e calhas.

O transporte horizontal ou vertical, também poderá ser realizado por meio de bombas, recalcando o concreto através de canalizações. (\_\_\_\_) O diâmetro interno do tubo deverá ter, no mínimo, três vezes o diâmetro máximo do agregado (NB-1/77, item 13.1).

Esses meios de transporte podem ser classificados em descontínuos e contínuos.

(\_\_\_\_) Para o transporte descontínuo serão empregues vagonetes, carrinhos de mão, caçambas e caminhões, sendo que o ideal será que esses elementos tenham capacidade para uma maçada completa, evitando sua segregação que ocorreria com a divisão de uma betonada em várias frações.

Seja qual for o sistema, as ações de carga e descarga deverão ser facilitadas a fim de evitar o depósito intermediário. Para o transporte de longa distância efetuado por caminhões, faz-se necessário o uso de agitação para evitar a segregação. Nesta situação o transporte sem agitadores deverá ser substituído por algum sistema que gere uma estanqueidade aérea, impedindo a entrada ou saída do ar, suficiente para impedir a segregação do concreto.

Os principais transportadores contínuos são: calhas, correias transportadoras e bombas.

(\_\_\_\_) As calhas são caneleiras de madeira revestidas de chapa com ângulo da inclinação mínimo de 13°, por onde desliza o concreto que deve ter consistência fluída, o que lhe restringe a aplicação. Deve-se tomar cuidado para que o transporte seja o mais contínuo possível, provendo-se a extremidade da calha de dispositivos que assegurem um concreto homogêneo, sem segregação. Uma dosagem cuidadosa poderá favorecer tal meio de transporte.

(\_\_\_\_) O concreto bombeado deve ter consistência plástica e, para facilitar o transporte, fazer uso do seixo rolado como agregado graúdo ou empregar um aditivo que melhore a trabalhabilidade.

A corrente de concreto na tubulação deve ser a mais contínua possível. A limpeza cuidadosa da tubulação após a utilização também é importante.

#### - LANÇAMENTO:

(\_\_\_\_) O concreto deve ser lançado logo após a mistura, não sendo permitido, entre o amassamento e o lançamento, intervalo superior a uma hora. Não é admissível o uso de concreto re-misturado. Para os lançamentos em recintos sujeitos à penetração de águas, estes deverão ter as precauções necessárias para que não haja inundação capaz de comprometer o serviço. Antes do lançamento do concreto, as formas devem ser molhadas abundantemente, a fim de que elas não absorvam a água de amassamento. Estas também deverão ser estanques, para não permitir a fuga da nata de cimento.

Ao lançar o concreto de grande altura ou deixá-lo correr livremente, haverá tendência à separação entre a argamassa e o agregado graúdo. (\_\_\_\_) Para evitar a separação e incrustação da argamassa nas formas e armaduras, o concreto, em peças muito delgadas, tais como paredes, deve ser colocado através de canaletas de borracha ou tubos flexíveis, conhecidos por trombas de elefante.

A altura de lançamento em concretagem comum não deve ultrapassar 2 metros. Quando for necessário lançar o concreto de altura superior, este deve ser lançado por janela, abertas na parte lateral, que serão fechadas à medida que a concretagem avança. Este lançamento deve ser pontual, não devendo fluir dentro das formas. As camadas de lançamento devem ter altura igual a, aproximadamente,  $\frac{3}{4}$  da altura do vibrador.

#### - Plano de concretagem: Juntas

Nas grandes estruturas, o lançamento do concreto é feito de acordo com um plano, que será organizado tendo em vista o projeto do escoramento e as deformações que nele serão provocados pelo peso próprio do concreto fresco e pelas eventuais cargas de serviço. Para limitar ou prevenir as tensões desenvolvidas pelas variações sofridas, as estruturas de concreto são providas de juntas. Além dessas juntas originárias das prováveis deformações possíveis de afetar a estrutura, ainda podem ser feitas outras, em função da interrupção do trabalho de execução, de acordo com o cronograma de obra.

(\_\_\_\_) Existem dois tipos de juntas. São elas:

- Juntas de dilatação, cuja finalidade é permitir as deformações da estrutura (juntas permanentes);
- juntas de construção, feitas de acordo com as interrupções da execução (juntas de concretagem).

(\_\_\_\_) As juntas permanentes são feitas para permitir deformações provenientes de: retracções, expansões e contrações devidas a variações de umidade e temperatura, bem como escorregamentos e empenamentos devidos às mesmas causas.

(\_\_\_\_) É aconselhável organizar o programa de execução de tal modo que a interrupção da concretagem se dê numa junta permanente, aproveitando-a assim também como junta de construção. É frequente um maior número de juntas de concretagem para evitar as de dilatação, por razões diversas durante a obra. Se o concreto tiver que ser lançado em camadas sucessivas, a interrupção entre duas camadas dá origem a uma junta de concretagem horizontal.

A superfície do concreto antigo deve estar rugosa, podendo ser usado para isto, escova de aço, jato de areia ou jato de água (se concreto novo), de tal maneira que o agregado graúdo fique exposto. Para a continuidade da concretagem, a rugosidade da superfície de acabamento deverá manter-se rugosa; a superfície deve ser perfeitamente limpa, isentas de pó ou qualquer material solto, podendo ser usado jato de água ou ar comprimido, se necessário; se não for utilizado jato de água, a superfície deve ser molhada abundantemente; logo em seguida é lançado o concreto, misturando ambas as camadas no adensamento, se for concreto novo.

#### - ADENSAMENTO:

(\_\_\_\_) Esta operação tem por objetivo acomodar as partículas de maneira a preencher todo o espaço das formas uniformemente, eliminando por completo o ar contido na mistura. (\_\_\_\_) Os processos de adensamento podem ser manuais, conhecidos como “socamento” ou apiloamento, e mecânicos por meio de vibrações ou centrifugação, além de outros especiais como a concretagem a vácuo.

(\_\_\_\_) O adensamento manual é o modo mais simples utilizado para acomodar o concreto na forma e entre as armaduras, mediante uma barra metálica, cilíndrica e fina, ou por meio de soquetes mais pesado sobre um concreto, preferencialmente plástico.

No caso da barra, esta deve atravessar a camada de concreto e penetrar parcialmente na inferior. Quando se utilizam soquetes, sua eficiência está num maior número de golpes do que na energia de cada um, desde que seja respeitado um valor determinado.

(\_\_\_\_) No adensamento manual as camadas não deverão exceder a 20 cm e  $\frac{3}{4}$  do comprimento da agulha, quando for empregado os vibradores de imersão. (NB-1/77, item 13.2.2).

(\_\_\_\_) A vibração aplicada diretamente à armadura tem sérios inconvenientes, pois, poderá gerar um espaço vazio ao seu redor, eliminando assim a aderência. As peças pré-fabricadas em usina próprias passam por esta operação utilizando-se um equipamento conhecido como mesa vibratória.

Fabricam-se, assim, peças ornamentais, blocos, telhas, postes, dormentes, etc. A centrifugação é particularmente interessante no caso de fabricação de elementos de revolução pré-fabricados: postes, tubos, etc.

Este processo é caracterizado pela separação das partículas da mistura conforme seu diâmetro. Assim os elementos mais graúdos são lançados para a parte exterior da peça, ficando no interior uma alta concentração de pasta de cimento.

(\_\_\_\_) Conforme sua aplicação distingue-se 3 tipos de vibradores: de imersão ou internos, de superfície e externos ou de formas, podendo ser elétricos, com motor de explosão, a ar comprimido e eletromagnético.

A característica principal de um vibrador é frequência, amplitude e potência.

Quanto à frequência, os vibradores podem ser:

- de baixa frequência: 1.500 vibr./min
- de média frequência: 3.000 - 6.000 vibr./min
- de alta frequência: 6.000 - 20.000 vibr./min

Cada partícula que compõe a mistura tem uma frequência específica de vibração, isto é, ela vibra em ressonância com a fonte vibratória. A baixa frequência põe em movimento os grãos maiores do agregado graúdo e a alta frequência, vibra a argamassa. A vibração de baixa frequência exige maior potência, pois, movimentam os grãos maiores do agregado graúdo, de maior massa. Os vibradores de argamassa são, sob este aspecto, mais econômicos. A argamassa, quando em vibração, atua como um lubrificante entre os agregados graúdos, facilitando sua acomodação.

A aplicação de um vibrador deve ater-se aos seguintes cuidados: (\_\_\_\_)

- As posições sucessivas devem estar a distâncias inferiores ou iguais ao raio de ação do vibrador;
- o aparecimento de ligeira camada de argamassa na superfície do concreto, assim como a cessação quase completa de desprendimento de bolhas de ar, corresponde ao término do período útil de vibração;
- as camadas de concreto lançadas devem ter altura inferior ao comprimento da ponta vibrante dos vibradores de imersão, a fim de homogeneizar perfeitamente o concreto em toda a altura da peça;

a inserção da ponta vibrante no concreto deve ser rápida e sua retirada muito lenta, ambas com o aparelho em funcionamento.

- CURA:

(\_\_\_\_) Dá-se o nome de cura ao conjunto de medidas com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento, que rege a pega e seu endurecimento.

(\_\_\_\_) A Norma Brasileira NB-1/77 exige que a proteção contra a perda de unidade seja feita nos 7 primeiros dias contados do lançamento e o mesmo é desejável nos 14 dias seguintes, assim garantindo, o não aparecimento de fissuras devidas à retração. As condições de umidade e temperatura, principalmente nas primeiras idades, têm importância muito grande nas propriedades do concreto endurecido.

As principais conclusões são:

- A cura úmida melhora as características finais;
- o ensaio saturado dá valores mais baixos que o ensaio a seco;
- é possível recuperar parte da resistência, em uma cura imperfeita, facilmente se mais cedo for retomada;
- o resultado entre uma cura ao ar livre e a protegida acrescenta 40% considerando os 28 dias, idade geralmente considerada como referência.

As conclusões mais importantes são:

- As condições de temperatura nos primeiros dias são as mais importantes;
- a diminuição da temperatura prejudica consideravelmente o aumento da resistência;
- é possível a recuperação parcial da resistência após uma queda acentuada de temperatura, desde que não seja muito prolongada, pela exposição a condições normais.

(\_\_\_\_) Na obra, a cura do concreto pode ser realizada por vários processos:

- Irrigação periódica das superfícies;
- recobrimento das áreas com areia ou sacos de aniagem rompidos, mantidos sempre úmidos;
- emprego de compostos impermeabilizantes de cura;
- recobrimento com papéis impermeáveis especiais (Sizalkraft), que impedem a evaporação, dispensando o uso de água;
- aplicação superficial do cloreto de cálcio, na razão de 800 g/m<sup>2</sup>, indicados para climas úmidos, pois absorvem e retém a água do ambiente e propiciam a cura.

## – ALVENARIA

- Definição:

Alvenaria é um conjunto de estável de sólidos capaz de resistir unicamente a esforços de compressão. Por ser um conjunto de elementos unidos com argamassa, os esforços de flexão não são absorvidos pelas alvenarias gerando fissuras, trincas e num estágio mais avançado, as rachaduras.

Podemos classificá-la quanto:

A argamassa – junta a prumo, de amarração ou seca;

Geralmente as alvenarias executadas com juntas a prumo ficam expostas, sem revestimento. Essas estando alinhadas tanto na horizontal como na vertical conferem um visual mais harmonioso ao conjunto. São muito utilizadas em muros externos ou paredes de fechamento com suas juntas voltadas para fora. Para um bom

resultado é imprescindível o uso do escantilhão (réguas furadas) para prender a linha e manter o espaçamento das juntas de forma uniforme.

Além do aspecto plástico este tipo de alvenaria economiza no revestimento por ser inexistente. Já que não haverá estrutura aparente, esta deverá ser inserida na própria alvenaria.

Para esta função são indicados blocos estruturais vazados que substituirão os pilares e os blocos canaletas no lugar das vigas. Este reforço deverá obedecer a um projeto específico dependendo das necessidades.

Quanto às juntas de amarração, estas têm como finalidade a distribuição do peso da alvenaria ao longo das fundações, já que elas estarão desalinhadas na vertical.

A localização – interna ou externa;

A função das alvenarias é dividir os espaços internamente cumprindo sua finalidade conforme o projeto idealizado. Externamente elas protegem a edificação das intempéries como também servem de anteparo aos materiais de acabamento, realçando e conferindo ao edifício uma identidade própria.

A função – vedação ou estrutural;

As alvenarias de vedação devem estar inseridas numa estrutura de concreto armado tendo a função apenas de fechamento ou divisão dos espaços. São utilizados para tanto, elementos de alvenaria industrializados comuns, sem um controle rígido de qualidade e resistência à ruptura. As estruturais são executadas com elementos especiais, testados em ensaios de laboratórios para garantir sua resistência.

Ao revestimento – aparente ou não.

Quando os elementos de alvenaria ficam expostos, por questões estéticas, chamamo-la aparente, porém estas deverão ter, pelo menos, uma proteção de pintura. Dessa forma as alvenarias terão maior durabilidade quanto às intempéries.

Normalmente as alvenarias são revestidas com argamassa, parcialmente ou nas três camadas principais que são o chapisco, emboço e reboco.

#### - Blocos naturais:

As rochas são os materiais de construção mais antigos que se tem notícia. Passando por diversas fases desde a forma bruta, as aparelhadas até as assentadas com argila, esse material ainda é usado nos dias de hoje nas edificações em geral. Na época medieval, cidades inteiras eram construídas em alvenaria de pedra. Hoje seu uso depende da oferta na região, tornando a obra cara se ela for escassa.

Abaixo classificamos alguns tipos de alvenaria de pedra:

- Alvenaria de pedra bruta: assentadas com argamassa (face irregular) de forma intercalada quanto ao tamanho e sem preocupação com a aparência. Geralmente usadas como muros externos ou divisórios, sem revestimento.
- Alvenaria de pedra aparelhada: aplaniadas e assentadas com argamassa. Nesse caso há uma preocupação com o acabamento e estética, podendo ser usada em toda a edificação. Internamente recebem revestimento, porém, antigamente não.
- Cantaria: pedras aparelhadas em todas as faces e argamassadas (face plana). Trabalho muito usado nas fachadas das moradias em geral tem como objetivo, valorizar o imóvel. Elas podem cobrir toda a fachada ou formar faixas ou detalhes conforme o projeto idealizado. Nos séc. XIX e XX foram adotados trabalhos de cantaria em prédios públicos e igrejas na sua totalidade, cobrindo alvenaria de tijolos, seguindo estilos inspirados na era medieval.
- Alvenaria de lajão: pedras lamelares (sedimentares) geralmente largas, argamassadas ou não. Geralmente executadas como muros externos, divisórios, decorativos ou de contenção de encostas.

#### - Blocos artificiais:

Os primeiros representantes desses elementos são os tijolos, apesar de sua origem remontar aos egípcios. Naquela época eles eram fabricados de forma artesanal, misturando-se o barro com fibras vegetais. Uma forma rudimentar era usada para dar o formato. Secos ao sol eles também são conhecidos como adobe.

Sua fabricação em larga escala advém com a Revolução Industrial difundindo seu uso em substituição à pedra como material de construção.

São elementos industrializados e constituídos de materiais diversos, dando-lhes características bastante diferentes.

Dividem-se em:

- Derivados da argila: Tijolo de barro, tijolo laminado, blocos cerâmicos e tijolo ecológico.
- Derivados do cimento: blocos de concreto, de concreto celular e silicocalcário.
- Derivados da areia: tijolos refratários.
- Derivados do gesso: drywall.

- Decorativos: tijolo de vidro.

#### - Tipologia:

A alvenaria de vedação são aquelas paredes que têm a função apenas de fechamento ou de divisórias e devem estar circunscritas em uma estrutura de concreto armado. Podem ser desmontadas a qualquer momento sem prejudicar o edifício.

A alvenaria estrutural são paredes que, além de fechar ou dividir os ambientes, também suportam a carga do edifício. Um reforço de concreto é feito dentro dos elementos em substituição aos pilares e vigas através de sua furação. São elementos especiais e controlados tecnicamente quanto à resistência.

Os pré-fabricados de madeira são fechamentos e divisórias fabricadas com materiais certificados e tratados contra insetos, usados em projetos residenciais. São destinados às construções padronizadas e modulares.

Os pré-moldados são semelhantes ao sistema anterior, porém usando o concreto como matéria prima para confecção das placas, sendo favorecidos pelo sistema padronizado e modular.

O pau-a-pique é um sistema muito antigo, mas ainda usado na zona rural. Consiste numa estrutura de madeira bruta roliça entrelaçada formando painéis de fechamento e divisórias. A seguir o barro é lançado contra o painel até cobri-lo inteiramente. Após a secagem geralmente é aplicado uma camada de cal como acabamento e proteção. Esse método é pouco durável pelas diferentes propriedades dos materiais envolvidos favorecendo o surgimento de fendas nas paredes ao longo do tempo.

A taipa-de-pilão é um sistema trazido pelos portugueses quando da colonização e preservado nos dias de hoje em igrejas e prédio históricos. O barro era colocado numa forma chamada taipal e compactado. A mesma era deslocada por onde se pretendia levantar as paredes. As camadas eram executadas até a altura desejada. A necessidade do taipeiro em trabalhar dentro da forma determinava a maior largura das paredes, podendo chegar até a um metro. Ao barro eram misturadas fibras vegetais para dar maior consistência. Na zona litorânea era comum a mistura de solos contendo resíduos marinhos também conhecidos como ostreiras e sambaquis.

## – ELEMENTOS DE ALVENARIA

Os materiais destinados à elevação de paredes são bastante variados, conforme já explorado. A definição de uso de um deles está relacionado a diversos fatores. Há, por exemplo, os econômicos que exigem uma celeridade na execução das paredes, visando um retorno igual no capital investido. Nesse caso, os blocos de concreto são os preferidos, pela padronização e dimensões vantajadas.

Se a questão da rapidez é relevante, porém, uma certa dose de salubridade deve ser proporcionada, o bloco cerâmico satisfaz esta condição.

O acabamento dos painéis de parede depois de pronto também é um item a ser considerado, pois, quando mais lisa demandará menos argamassa de revestimento. Daí, é possível escolher entre os rústicos e aparentes para se ter um resultado mais satisfatório.

Se a salubridade é fundamental, ou seja, o imóvel tem que estar confortável, tanto no verão como no inverno, o tijolo de barro é o indicado, mesmo ancião entre os materiais ele se sobressai neste quesito.

Quando o sistema construtivo for o relevante na escolha da construção, então, os estruturais serão os escolhidos, tanto cerâmico quanto os de concreto. Nesta modalidade as paredes, além de fecharem e dividirem os espaços, também resistiram aos esforços decorrentes da execução da superestrutura.

Vamos explorar os elementos de alvenaria mais comuns e frequentemente usados nas edificações, assim como suas características.

#### - Bloco de concreto:

São feitos a partir da mistura do pó de pedra, pedrisco e cimento, podendo ser mais lisos quando contiver também a areia. Eles possuem dimensões regulares, arestas vivas e boa resistência, resultando em baixo consumo de argamassa de assentamento.

Esses elementos de alvenaria são usados em larga escala, tanto para vedação como estruturais, mesmo com custo superior aos cerâmicos.

As superfícies finais são planas o que demandam pouca argamassa para regularização. Em certos casos recebem gesso diretamente como acabamento.

Quanto a salubridade, ou seja, o conforto do ambiente, esses elementos ficam a desejar, pois, permitem a troca de calor rapidamente e retêm umidade com facilidade.

Vazados ou não, com 2 ou 3 furos, são padronizados em tamanho (19 X 39 cm), porém nem sempre encontrados. A largura é variável, pois, dependem da parede a ser produzida. Os mais usados são os de 14 cm para paredes externas e 10 cm para paredes internas.

As peças complementares como canaleta, servem para o reforço estrutural e o ½ bloco completa a amarração das fiadas.

Os blocos estruturais, por sua vez, são produzidos com um controle mais rigoroso. Cada lote fabricado passa por ensaios de compressão, devendo resistir a uma carga mínima especificada. Se não, o lote todo é descartado.

Nesse caso, a resistência é medida em Mpa (mega Pascal). Este valor pode variar entre 4 Mpa (40 Kg/cm<sup>2</sup>) até 20 Mpa (200 Kg/cm<sup>2</sup>). Isto é importante no posicionamento do material na utilização em edifícios de apartamentos, muito comum na atualidade. Os blocos mais resistentes são locados nos andares inferiores, onde há mais peso a ser vencido. Os menos resistentes são locados nos andares superiores até chegar aos mais altos, onde praticamente há uma mescla entre elementos estruturais e de vedação. Vale lembrar que nesse sistema não há uma estrutura de concreto definida e sim um reforço contido dentro dos blocos estruturais.

Neste sistema os “tubos” formados dentro da alvenaria são preenchidos com o graute (concreto fluídico) e barra de ferro. Esses elementos substituem os pilares convencionais. A ferragem é emendada no pé da parede através de óculo. Os blocos canaletados substituem as vigas convencionais.

A alvenaria estrutural quando usada em edifícios pode chegar aos 20 pavimentos.

O assentamento dos blocos comuns não requer muito cuidado, porém os estruturais necessitam de mão de obra especializada. Por serem vazados, ou seja, sem fundo, a argamassa é colocada em sua espessa borda. Seu peso considerável pode afetar o equilíbrio do conjunto. O alinhamento e espessura da argamassa é garantido pelo escantilhão. Isto nada mais é que uma régua com furação equidistante, servindo para amarrar a linha de orientação. Dessa forma, as fiadas terão sempre a mesma altura.

A proteção externa, quando não for de argamassa, poderá ser com massa de textura, já na cor desejada, comum em edifícios, ou resina, se aparente.

É aconselhável o uso de serra mármore para o embutimento de tubulações, nos blocos comuns, já que nos estruturais a mesma ficará dentro de sua furação.

Normalmente se acrescenta uma perda de 10% aos materiais de construção, entretanto, no caso dos blocos, quando de boa qualidade, essa perda é muito menor. No caso dos estruturais é possível ainda, adequar o projeto de maneira a usar somente peças inteiras e ½ bloco, zerando praticamente sua perda.

Os blocos de vedação comuns são bastante resistentes e em pequenas obras podem até ser mais exigidos, diminuindo-se as estruturas de concreto. Neste sistema as cintas de amarração substituem as vigas e junto as alvenarias de vedação perfazem um conjunto, distribuindo as cargas nas fundações.

#### **- Bloco cerâmico:**

Eles são produzidos pela compressão da argila através de um equipamento chamado extrusora, resultando num elemento de pouca porosidade, porém frágeis.

São encontrados com furação quadrada ou circular, não possuindo regularidade de medidas e superfícies.

Os blocos cerâmicos têm baixo custo unitário e por essa razão, são amplamente utilizados.

Encontrados em diversos tamanhos e formas esses elementos proporcionam boa salubridade, tornando o ambiente mais agradável e reduzindo os ruídos externos.

Por outro lado, eles consomem muita argamassa de assentamento e de revestimento, devido as suas irregularidades.

Assim como os blocos de concreto, existem elementos que são estruturais e merecem um capítulo a parte.

Sua furação na horizontal demanda um consumo extra de argamassa/concreto para fechamento nos encontros de paredes ou enchimento de pilares.

Sendo exclusivamente para vedação necessitam de estrutura de concreto para sustentação. Se houver encunhamento, este deverá ser feito com tijolos de barro.

Não devem ficar expostos a intempéries por muito tempo devido a sua fragilidade, portanto ele é descartado se a alvenaria precisar ficar aparente.

As superfícies deverão receber o chapisco, que é a primeira camada do revestimento, para aderência do emboço.

O embutimento de tubulações resulta em aberturas maiores que o necessário, onerando assim o revestimento.

#### **- Tijolo de barro:**

Os tijolos de barro são tão antigos que sua história se confunde com a do próprio Homem. Dizem os Historiadores que os Sumérios seriam os criadores deste material. Muito diferentes em relação aos usados na atualidade, eles eram apenas blocos de argila secos ao sol. Muito maior em tamanho e de formato irregular, sua utilização possibilitaria apenas uma superposição de peças. Certamente não proporcionaria uma altura significativa, porém seria suficiente para servir de apoio para uma cobertura com materiais vindos da vegetação. Dessa forma seria possível criar um espaço de certa forma protegido pelas intempéries e animais selvagens. Essas

“moradias” de um só cômodo seriam as primeiras habitações produzidas pelo Homem. Mesmo rudimentar pode ser considerado um avanço significativo em relação ao período Neolítico cujas habitações eram abaixo do nível do terreno. Nesse processo era feito uma escavação no terreno e as pedras eram usadas como contenção. Não existia ainda nenhum tipo de argamassa, então, se valia apenas do equilíbrio das peças.

Os egípcios evoluíram este processo de fabricação dos tijolos e os destinaram exclusivamente a construção das moradias. As obras mais importantes como pirâmides e templos eram construídas com a pedra, o material eterno. Tanto que somente esses últimos permaneceram intactos, ao contrário das habitações que delas nada restou. Segundo pesquisas os tijolos fabricados pelos egípcios eram de tamanho menor, produzido agora numa forma de madeira rudimentar, mas, que mantinha certa padronização. Ainda secos ao sol recebia a adição de capim seco ou estrume para dar corpo à mistura. Tendo mais habilidade e esmero eles agora usavam o próprio barro para assentar os tijolos. Dessa forma seria possível um melhor posicionamento das peças e consequentemente aprumar, a agora, denominada “parede”. Esse construtor da antiguidade, possivelmente, tenha se inspirado nos blocos de rocha para criar os de argila. Sua importância não está apenas como elemento para elevar paredes, mas, também por ter originado as telhas. Sim, pois, da produção de placas de argila mais finas e largas pode ter surgido uma outra aplicação com a finalidade de proteger o imóvel das chuvas. Estas vieram substituir a trama de capim seco conhecido como sapê. Dizem que os romanos são os responsáveis por esta inovação.

No Brasil os tijolos chegaram importados da Inglaterra nos anos 1.920 e 30, tendo como marco importante a construção da Estação Ferroviária da Luz, em São Paulo. Todo o material assim como o Projeto e os profissionais vieram de navio da Inglaterra. Com o início da produção local, agora secos em fornos a lenha, os tijolos passam a ser empregados em larga escala devido à redução de custos. Dessa forma, as cidades de taipa (paredes de barro compactado) vão sendo desmontadas ao longo do tempo, dando lugar a cidade de tijolos. O ganho em espaço foi significativo, pois, a taipa é caracterizada por suas espessas paredes.

Em alguns países da América Latina ainda se produzem os blocos de argila secos ao sol e de grande dimensão chamados de adobe.

As características dos tijolos são: dimensões regulares, som metálico, arestas vivas e dependendo da queima, absorvem pouca água.

Eles são assentados na transversal como paredes de 1 tijolo (externas) e na longitudinal como  $\frac{1}{2}$  tijolo (internas), como também de espelho, para paredes divisorias.

Antes do assentamento devem estar bastante úmidos para melhor aderência da argamassa. Além disso, manter o prumo e o alinhamento é uma necessidade constante. Devemos observar também a espessura das juntas verticais e horizontais. O uso do escantilhão (réguas de madeira furada para prender a linha) se faz necessário para facilitar o trabalho de regularidade, principalmente em alvenaria aparente.

A primeira fiada é assentada em toda a extensão e servirá de base para as subsequentes, daí sua importância. As outras são iniciadas pelas extremidades, sempre de forma amarrada, em direção ao centro, servindo de base para o alinhamento.

Ao término da alvenaria, na parte superior e encontro com a estrutura de concreto, devemos executar um “encunhamento”. Este processo consiste em assentar os tijolos a  $45^\circ$  para evitar trincas no revestimento ao longo do tempo. O intervalo de 8 dias deve ser observado para a execução do encunhamento.

A interligação entre os cantos e encontros de paredes deverão ter suas peças transpassadas para melhor amarração. As barras de ferro também poderão ser utilizadas nas seguintes especificações: diâmetro de 6.3 mm, comprimento de 1 m, dobradas em formato de “L” e espaçadas a cada 50 cm.

Nos dias de hoje, os tijolos comuns, principalmente os tidos como “comerciais”, servem apenas para enchimento, auxiliando na alvenaria executada com blocos cerâmicos ou de concreto. Não são padronizados nem possuem boa qualidade, mas cumprem sua finalidade, que é a de preencher espaços gerados por elementos maiores.

O tijolo colonial é padronizado e deve ter qualidades que favoreçam a execução de alvenaria a vista, como exatidão de dimensões, cantos vivos, resistência, coloração uniforme, etc.

Este elemento tem como característica um sulco central que o divide em duas partes iguais quando golpeado com a colher de pedreiro. Este procedimento é usado quando este material é utilizado como revestimento de alvenaria executada com outros elementos.

Se a alvenaria for aparente e formar ângulo, existem tijolos próprios para isto, como vemos acima. Alguns são específicos para formarem desenhos geralmente decorando fachadas. Possuindo arestas curvas ou em forma de “L” são usados como revestimento de alvenarias elevadas com outros materiais.

Neste tipo de trabalho é muito importante a escolha do material para obter um bom resultado, ressaltando características como: coloração uniforme, resistência e textura.

Para executar arcos de raio pequeno com tijolos aparentes usamos o “bico de papagaio”, pois possui um lado estreito, favorecendo o trabalho.

O tijolo “meia lua” é usado para montagem de colunas, unindo-se duas peças. Internamente se forma um tubo ao qual é preenchido com concreto para dar rigidez a peça. Sua altura é limitada e não deve substituir um pilar estrutural, tendo função apenas decorativa.

O tijolo “capa de muro” como o nome já diz, serve para ser assentado sobre os muros externos, conferindo um efeito plástico diferenciado como também protegendo o mesmo das intempéries.

O exemplo anterior demonstra o uso do tijolo de barro como revestimento, tendo função apenas decorativa. Quando o ângulo entre as paredes formadas for diferente de 45°, as peças deverão ser cortadas com serra mármore para compor as quinas. Para selar a junção dessas peças será necessário fazer uma argamassa com o pó dos tijolos cortados e executar uma calafetagem, preservando sua coloração.

O trabalho com tijolos a vista deve ser executado por profissionais qualificados, pois, se trata de um serviço diferenciado e tem como objetivo a valorização do imóvel. O material é caro e qualquer imperfeição ficará visível e difícil de ser reparada. É possível também fazer uma composição com pedras naturais.

#### - Tijolo ecológico:

Este elemento de alvenaria também é conhecido como módulo de solo-cimento, portanto, não é um simples tijolo. Além de cumprir a sua função ele tem características físicas próprias que o tornam um produto diferenciado.

Basicamente, dividem-se em 3 peças fundamentais: tijolo inteiro; meio tijolo, usado nos contornos das portas e janelas; canaletas, usadas nas cintas que circundam e amarram todo o conjunto, passando sob as janelas e sobre as portas e janelas, no respaldo e na distribuição horizontal da rede elétrica e hidráulica.

Eles possuem dimensões proporcionais, iguais e precisas que permitem o cálculo da quantidade necessária, evitando cortes de tijolos.

Suas são superfícies são lisas e seus contornos regulares, bem definidos e que permitem maior agilidade no trabalho e beleza visual da obra.

Possuem também, furos dimensionados que permitem: embutir as colunas sem custo com madeiras, pregos, arames e profissional carpinteiro; embutir a rede elétrica e hidráulica sem quebra posterior de paredes e consequente desperdício de material e mão-de-obra.

Esta furação, por ser preenchida por ar, proporciona um melhor conforto térmico e acústico, eliminando possível umidade.

As peças possuem um sistema de encaixe tipo macho/fêmea que permite a construção de paredes perfeitamente retas e aprumadas, beleza visual e maior rapidez no seu levantamento.

Além de todas as características visando abreviar o tempo de construção, outros diferenciais auxiliam para evitar o desperdício de materiais. No sistema construtivo tradicional é necessário o uso de argamassa, em torno de 2 centímetros entre as fiadas de tijolos, enquanto neste bastam dois filetes paralelos ao longo dos tijolos. Ao contrário do convencional, essa argamassa é feita na proporção de doze partes de terra, uma de cimento e uma de cola a base de PVA. Sua aplicação é feita utilizando-se a manga de confeiteiro, encontrada em casas que vendem produtos para confeitoria.

O consumo aproximado de cimento, tendo como exemplo uma casa de 150 m<sup>2</sup> de construção, é de 1 saco e meio para levantar todas as paredes.

Os tijolos são produzidos através de um equipamento próprio e seu fabricante fornece as instruções necessárias para a produção, inclusive com cursos específicos.

Segundo o fabricante, a redução de custos é da ordem de 40 a 50% e o sistema possui aprovação da ABNT.

#### - Bloco de concreto celular:

Diferente de elementos derivados de materiais mais comuns, usados na construção civil, eles são produzidos num processo industrial. Sua composição consiste em uma mistura homogênea e adequada de cimento, areia, pó de alumínio e aditivos químicos. Então, eles são moldados por prensagem e curado a vapor sob pressão. É conhecido como concreto leve devido ao processo que utiliza autoclave.

Ele é um produto de elevada porosidade, daí sua baixa densidade, resistente e de dimensões regulares.

Possui um bom isolamento térmico devido a sua estrutura formada por células de ar, totalmente fechadas e uniformemente distribuídas.

Na fase de revestimento os painéis finais resultam em superfícies ásperas, dispensando o chapisco, a primeira camada, possuindo cor clara. É um material inorgânico e incombustível.

O transporte, geralmente paletizado, é facilitado devido ao seu baixo peso, assim como sua utilização pelos profissionais da área.

Quando é exigido um tratamento acústico e/ou térmico, ele proporciona economia por demandar menores espessuras de paredes.

Apesar de resistente o bloco de concreto celular facilita a abertura de sulcos para o embutimento de tubulações. Há também, ferramentas específicas para essas operações que permitem rasgar, furar e serrar os blocos, já assentados ou não.

Sua densidade aparente, ou seja, seu peso é de 410 Kg/m<sup>3</sup> e sua resistência à ruptura é maior ou igual a 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Seu isolamento acústico está em torno de 40 dB, considerando o bloco de 10 cm de espessura revestido nas duas faces.

Ele tem também, uma resistência ao fogo por cerca de 6 horas, a uma temperatura de 95º C, em paredes de 12 cm.

Sua padronização é bastante peculiar, possuindo altura de 30 cm e comprimento de 60 cm. São encontrados nas espessuras de: 10; 12,5; 15; 17,5; 20 e 22,5 cm.

É considerado um elemento estrutural, podendo ser utilizado em alvenarias autoportantes e com dimensões iguais aos blocos de vedação.

Eles demandam um baixo consumo de argamassa de assentamento, permitindo inclusive, a aplicação de gesso no revestimento interno.

Quando empregado em edifícios em geral seu baixo peso proporciona uma diminuição nas estruturas de concreto armado.

Pode ser utilizado também como isolante térmico em lajes de cobertura ou enchimento de lajes nervuradas.

## – ALVENARIA ESTRUTURAL

O conceito de alvenaria estrutural é, na verdade, um ressurgimento de algo já praticado no passado. De fato, nos primórdios do século XX, quando se popularizou o uso dos tijolos de barro nas edificações, estes eram considerados como um sistema estrutural. O processo construtivo utilizado na época, constituído por forros e pisos de madeira, além do telhado, geravam cargas perfeitamente suportadas por esses elementos de alvenaria.

Com a aparecimento de materiais modernos como o bloco cerâmico e o de concreto, mais resistentes, consequentemente, mais pesados, foi necessário incluir ao sistema uma estrutura de concreto armado. Assim o aumento de peso do conjunto estaria garantido por esta estrutura, direcionando-o para as fundações.

Com o passar do tempo essa estrutura de concreto aumentou de volume, as vezes exageradamente, anulando a economia que os novos materiais deveriam trazer por sua praticidade e rapidez na construção.

Por outro lado, a melhoria na produção desses elementos de alvenaria, obedecendo a um controle tecnológico, teve como resultado materiais muito mais resistentes. Resistindo cargas pré-determinadas e verificadas em ensaios de compressão, eles dispensam uma estrutura definida de concreto armado.

Em suma, é um processo relativamente novo, mas que traz um conceito bem antigo, ou seja, uma melhoria em algo já praticado.

As paredes estruturais recebem reforço de concreto internamente, junto a barras de ferro. Assim as lajes são apoiadas sobre as paredes e estas transmitem todo o peso para as fundações. Este sistema é classificado como autoportante.

É comum hoje em dia a adoção desse sistema nos edifícios de apartamentos, numericamente igual ao sistema convencional, constituído por formas e armaduras.

As vantagens são inúmeras, tanto na redução de madeiras, ferros e volume de concreto, assim como em equipamentos e mão de obra. Esse valor chega a ser, em torno de, 30% no custo final de cada unidade habitacional.

Entretanto, as limitações do sistema estão na produção de espaços não muito generosos, como no sistema convencional. Outro senão está na questão estética, também muito restrita por não conter partes moldáveis com o uso do concreto.

O objetivo deste tema é explorar o conceito da alvenaria estrutural e ao mesmo tempo, aplicá-lo em uma construção de pequeno porte, residencial, que é o campo de trabalho do Técnico de Edificações.

O custo desses elementos estruturais é elevado em relação aos blocos comuns, cerca de 40%. Portanto, seria antieconômico usá-lo em toda a obra, então, a ideia é que eles estejam posicionados somente em lugares estratégicos, substituindo pilares e vigas. No restante poderá ser usado o bloco comum de vedação.

O sistema autoportante tem como característica a distribuição do peso ao longo da parede. É correto então, adotarmos um tipo de fundação que facilite sua transmissão para o terreno, ou seja, uma sapata corrida. Esses maciços podem ser executados em alvenaria ou concreto armado.

A escavação deve ser de no mínimo 70 cm e serve para quase todos os tipos de terreno, mesmo alagados, desde que se faça a drenagem antes da execução das fundações. A única restrição é que não seja executada sobre aterro.

A seguir temos as instruções necessárias para a construção de residências térreas usando os conceitos da alvenaria estrutural, desfrutando de suas vantagens na redução de custos com madeiras, concreto e ferros, como também no tempo de execução.

Partindo de uma sapata corrida feita com blocos de concreto, o mais acertado, esta fundação é finalizada com uma cinta de amarração usando blocos canaletas.

A altura do alicerce dependerá muito das condições do terreno e deste em relação ao nível da rua. Após a concretagem da última cinta de amarração o alicerce estará pronto para receber um revestimento impermeável nos dois lados. O traço indicado é 1:3 (cimento e areia) com adição de Vedacit. Após a secagem recomenda-se a pintura com uma tinta betuminosa qualquer.

Após o término das canaletas, passamos a posicionar os blocos estruturais. Os blocos são padronizados, vazados e com dois furos. Somente um furo deve ser preenchido. A barra de ferro de 10 mm subirá por dentro do furo e poderá ser emendada de metro em metro. A locação desse reforço estrutural se dá a cada 3,5 m, em média, e não necessariamente nos cantos.

Após a secagem do contra piso iniciamos a elevação da alvenaria estrutural. As esperas de ferro determinam a posição em que os blocos estruturais deverão ser assentados. Esses blocos substituirão os pilares convencionais.

O assentamento dos blocos se dá a partir das extremidades em direção ao centro (sempre). A amarração das fiadas, ou seja, o desencontro das juntas é importante na distribuição do peso ao longo da parede. Entre as colunas de blocos estruturais usamos blocos de vedação comuns que servirão de fechamento. A única exigência é a que tenham a mesma espessura, pois facilitará o revestimento.

A cada 5 fiadas preenchemos a coluna formada pelos blocos vasados com concreto no traço 1:3:5 usando pedra nº 1 e adensando o mesmo com um pedaço de ferro. Este procedimento além de evitar “bicheira” garante a estabilidade da alvenaria.

Sobre os vãos de portas e janelas, como também sob esta última, devemos fazer um reforço com blocos canaleta para melhor distribuição do peso. Esta peça deverá passar no mínimo 30 cm para cada lado e só. Conhecida como verga e contra verga elas utilizam concreto 1:2,5:4 e uma barra de ferro 10 mm, complementando a alvenaria estrutural.

A barra de ferro de 10 mm que reforçará a coluna formada pelos blocos estruturais pode ser emendada de metro em metro para que passem por dentro deles quando do assentamento. Nos prédios executados com essa técnica é feito um óculo (furo) na base do bloco onde se dará a emenda.

A aparência da alvenaria estrutural é uniforme, pois, não revela estrutura de concreto como pilares e vigas. Eles estão embutidos. Além de ser um processo rápido, economizamos na compra de madeiras, na execução de formas e armaduras, como também no volume de concreto a ser utilizado.

Ao término da alvenaria executamos nova cinta de amarração (blocos canaleta; concreto 1:2,5:4; uma barra de 10 mm) para receber a laje pré-fabricada. Esta estrutura complementará a rigidez do conjunto.

Após a execução da laje montamos a estrutura do telhado, geralmente apoiado em oitão de alvenaria. As telhas podem ser de qualquer tipo. O revestimento interno pode receber gesso diretamente sobre os blocos. Externamente as camadas de chapisco, emboço e reboco completam a proteção das paredes.

## - LAJES PRÉ-FABRICADAS

Este sistema surgiu no início da década de 1.970 e veio simplificar em muito a execução de coberturas residenciais. Formado basicamente de vigotas pré-moldadas em concreto, intercaladas por lajotas cerâmicas ou de isopor, depois de pronto, constituem um painel horizontal maciço servindo de forro ou piso, recebendo o nome de laje pré-fabricada.

Vieram substituir as lajes maciças de concreto usadas até então, gerando custos elevados de materiais e mão de obra. As edificações mais simples usavam como forro o estuque. Este sistema bastante antigo era composto por uma estrutura de sarrafos de pinho em forma de grelha. Esta estrutura sustentava uma tela metálica onde posteriormente era preenchido com argamassa. Completado todo o painel, o estuque era revestido e estava pronto para a pintura. O lado negativo desse sistema era o surgimento de trincas ao longo do tempo devido à incompatibilidade entre madeira e argamassa.

O forro de madeira era muito usado até então, mas com o alto custo da madeira de lei e o controle do desmatamento, tornou-se cada vez mais raro.

As edificações de padrão mais elevado usavam a laje maciça, porém de uma maneira mais rudimentar. Estas, com mais frequência servindo de piso nas residências assobradadas e para o forro, a madeira ainda era preferencial.

As primeiras vigotas eram moldadas em formas metálicas de formato triangular e possuíam armaduras soltas no concreto. Ainda são encontradas, mas com certa dificuldade. Os vãos acima de 4 m eram preocupantes, pois, poderiam surgir trincas e “embarrigamentos”, apesar das formas atingirem até 6 m.

As lajes treliçadas trouxeram confiabilidade, vãos maiores e grande capacidade de carga. Os elementos de preenchimento podem ser também de concreto, sendo que o isopor, é atualmente, usado em larga escala. A vantagem do uso do isopor é sem dúvida a leveza e consequentemente a rapidez na montagem, porém como acontecia no estuque, a diversidade de materiais pode trazer fissuras no revestimento ao longo do tempo.

Os painéis de lajes pré-fabricadas assemelham-se às lajes nervuradas ou caixão perdido quando usado somente concreto. As vigas treliçadas devem ter apoio mínimo de 5 cm e previstas sempre no sentido do menor vão. As lajotas que se apoiam nas paredes paralelas as vigotas precisam de no mínimo 2 cm para seu apoio. O escoramento devidamente posicionado e nivelado serve de base para as treliças. O centro deve estar ligeiramente mais alto, formando a contra-flecha, possibilitando seu nivelamento quando ocorrer a desmontagem.

A montagem dos elementos de argila ou isopor inicia-se pelas extremidades. Completando integralmente a primeira fiada saberemos se há espaço suficiente para o restante. Vale lembrar que espaços vazios dificultarão a concretagem. É comum o uso de malha de ferros finos para reforçar a laje, porém não devemos esquecer que sua criação teve como objetivo economizar materiais.

Após a montagem, a laje recebe uma capa de concreto de espessura variada conforme a sua especificação. Elas devem permanecer escoradas por cerca de 3 semanas, gerando de certa forma algum atraso no desenvolvimento da obra, visto que apenas algumas tarefas poderão ser executadas nesta fase.

**Escoramentos** – Geralmente usamos na sua montagem, tábuas de pinho de 1” X 12” (tábuas de 30 cm) apoiadas em pontaletes de eucalipto ou caibros de 3” X 3” (7 X 7 cm). Os apoios, no sentido longitudinal da tábuas são colocados em intervalos de 1,00 m, um de cada lado da tábuas para evitar a torção e flambagem.

A montagem do escoramento requer cuidados a fim de não comprometer o trabalho. Sendo sua função sustentar o conjunto de vigotas e lajotas que, depois de concretadas, tornarão uma peça única, deverá ser forte o bastante para resistir um peso considerável. O número de escoramentos deve obedecer a planta técnica, planejada previamente com o objetivo de agilizar e obter um melhor comportamento da laje pré-fabricada.

Através da planta técnica é possível quantificar as madeiras necessárias para a montagem dos escoramentos, sendo uma de suas vantagens, pois, a laje deverá ser executada de uma só vez.

Após a montagem, estes deverão ser posicionados de forma perpendicular as paredes e travados de maneira a não permitir movimentações. Quanto à altura, os apoios verticais precisam ser cortados em dimensões menores para que sejam suspensos através de calços de madeira. Esta prática visa arquear ligeiramente o conjunto para cima, conforme mencionado, levando o nome de contra-flecha. Em virtude deste painel ser constituído por vários elementos é natural que haja, depois de pronto, certa flexibilidade. Ora, se ela for montada de forma nivelada é natural que após a retirada dos escoramentos, a laje arqueará para baixo. Sendo assim é aconselhável mantê-la elevada na sua parte central cerca de 1% do seu vão-livre.

Ao calçar o escoramento para impor uma contra-flecha, uma treliça deverá estar posicionada sobre ele para que seja verificado se a mesma se eleva sobre o apoio da parede. Isto deve ser evitado para não forçar a peça durante a concretagem, mesmo que o limite indicado para a contra-flecha não tenha sido atingido. Por ser mais rígidas que as vigotas maciças, as treliças, dependendo do vão, não admitem uma contra-flecha expressiva. Ao contrário das maciças, a laje pré-fabricada nunca deverá ser montada de forma nivelada. Os defeitos decorrentes do arqueamento para baixo são difíceis de resolver e muitas vezes, precisam ser refeitas.

A distância entre os escoramentos não deverá ultrapassar 1.30 m e, depois de montados, estes deverão ser travados entre si com sarrafos de 10 cm. A isto dá-se o nome de contraventamento, impedindo sua movimentação. A distância maior que o recomendado poderá também, cooperar para o “embarrigamento” da laje. Para vãos menores que 1.50 m não será necessário prever escoramentos.

#### **Sequência de Atividades:**

- 1) Fazer orçamento, junto às firmas fornecedoras, considerando a planta técnica já definida;
- 2) Quando as paredes estiverem à meia altura, avisar o fornecedor para a conferência das medidas na obra;
- 3) A montagem das lajes é feita após o posicionamento do escoramento;
- 4) Colocação das vigotas ou treliças segundo as medidas indicadas em planta técnica;
- 5) Colocação das lajotas;
- 6) Colocação das caixas de pontos de luz e respectiva tubulação (eletroduto);
- 7) Antes da concretagem molhar abundantemente;

8) O traço de concreto indicado é 1:2:3 até 1:2,5:3,5, empregando-se pedra nº 1 para melhor penetração;

9) Molhar nos primeiros 3 a 4 dias, para melhor pega do concreto;

10) Desmontar as escoras (descimbramento) após 28 dias (mínimo de 21 dias);

**Nota:** As fábricas de lajes pré-fabricadas devem ter um registro no CREA, que exige um responsável técnico sobre a sua produção. Isto irá eximir o responsável pela obra em caso de irregularidades.

Em lajes contínuas, ou seja, quando as vigas cobrirem vários cômodos na mesma direção, é necessário usar ferragem negativa sobre os apoios (cintas de amarração ou vigas), pois, esta região sofrerá esforços causadores de trincas. Em pequenas obras este recurso se resume em fixar barras de 10 mm na ferragem superior das treliças, com 1 m para cada lado dos apoios, espaçados a cada 50 cm.

As contra-flecha recomendadas para as vigotas maciças, mais flexíveis, são de 2 cm para vãos entre 2 e 3 m; de 3 cm para vãos entre 3 e 4 m e de 4 cm para vãos entre 4 e 5 m.

Para vãos menores que 2 m, para ambos os tipos, não há necessidade de contra-flecha.

O emprego das lajes pré-fabricadas é normal até o vão de 5,00 m, com sobrecargas de até 500 kg. Para vãos menores pode ser usada com sobrecargas maiores.

Os painéis treliçados são destinados a grandes vãos e sobrecargas maiores, sendo bastante utilizados em galpões industriais. Usando isopor como elemento de enchimento os painéis são colocados lado a lado e estão prontos para a concretagem. São semelhantes às lajes maciças nervuradas. Os escoramentos geralmente são metálicos ou as lajes são apoiadas em vigas metálicas, que fazem parte da própria estrutura do edifício, descartando assim a sua desmontagem.

Em obras residenciais os escoramentos são de madeira bruta ou beneficiada, por ser mais econômico.

O uso de concreto usinado em obras de pequeno porte é frequente, principalmente no enchimento de laje pré-fabricada, pela praticidade e por não necessitar de muitos trabalhadores para a operação.

O enchimento de isopor é usado em larga escala devido sua praticidade e por sobrecarregar menos a estrutura, porém devemos tomar cuidado na hora do revestimento, pois, trincas podem aparecer ao longo do tempo e, em casos mais graves, o desprendimento do mesmo.

**Planta técnica** – A representação gráfica da montagem da laje pré-fabricada é importante em vários aspectos. Fazendo parte do conjunto de informações que nortearão a execução da edificação, traz economia e praticidade na execução. Outra vantagem é a de poder resolver todas as situações previamente, evitando imprevistos e, logicamente, gastos desnecessários.

Através dela podemos por exemplo, direcionar as vigas que constituirão as lajes, de forma perpendicular, umas às outras, cômodo por cômodo.

Semelhante às lajes maciças, em relação ao seu comportamento, elas são classificadas como lajes armadas em uma direção. Dessa forma, elas têm como característica descarregar seu peso em duas paredes apenas. Sendo assim, podemos direcioná-las de maneira a não sobrecarregar seus apoios, caso estes recebam duas lajes ao mesmo tempo. Mesmo contrariando a regra do menor vão esta solução distribuirá melhor a carga sobre os apoios.

Geralmente, sobre as paredes são executadas cintas de amarração que não possuem as mesmas propriedades das vigas. Outra vantagem é a de não ser preciso usar ferro negativo por não se caracterizar como lajes contínuas.

A simbologia usada é simples e se resume apenas na indicação da direção da treliça, considerando o menor vão e seu comprimento, adicionando-se 10 cm para que tenha um apoio mínimo. Apesar de se tornar uma peça única depois de concretada, sua representação gráfica é feita em cada cômodo do Projeto. Ao mesmo tempo, a contra-flecha, isto é, o arqueamento para cima, deve ser indicado, geralmente valendo 1% do vão-livre. Na perpendicular traçamos apenas uma linha que representa a posição e o número de escoramentos que deverão ser previstos para a montagem da laje, respeitando-se a distância máxima de 1,30 m entre eles.

Se o cômodo for irregular dividimos o espaço em figuras regulares. Assim as lajes serão tratadas separadamente podendo ter inclusive, direções diferentes. As emendas entre elas serão feitas através de reforço adicional de ferros e aumento na porção de concreto, conhecido também como “viga invertida ou deitada”.

Ao final fazemos uma análise em conjunto para identificar aqueles pontos onde há encontros de treliças, caracterizando uma continuidade. Nesta situação indicamos a simbologia da ferragem negativa.

A base para a indicação da simbologia é a planta estrutural, ou seja, o rebatimento dos apoios da laje no plano horizontal. Isto significa que nela aparecerá a malha estrutural que representa o conjunto de vigas ou cintas de amarração que suportarão a laje pré-fabricada. Ao contrário da planta arquitetônica, a estrutural não mostrará portas ou janelas, nem mesmo os referidos vãos, inexistentes ao nível da laje.

A planta estrutural pode conter também, os pilares, geralmente locados nos encontros de paredes, não sendo uma regra visto que seu espaçamento é um fator preponderante.

Dessa forma é possível ter uma visão geral da superestrutura da futura edificação, permitindo qualquer ação ou ajuste que venha facilitar a execução do projeto, ainda no campo gráfico ou virtual, ao contrário do que acontece no decorrer da obra.

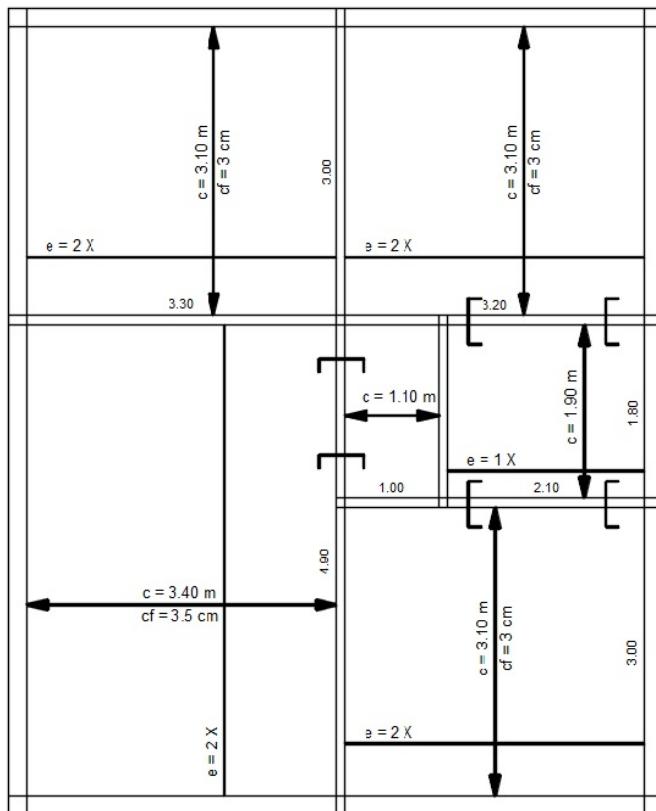
Representação:

c = comprimento da treliça (vão + 10 cm)

cf = contra-flecha (1% do vão)

e = nº de escoramentos (o mesmo vão da treliça / 1.3 – 1 = nº inteiros para cima)

 ferro negativo



PLANTA ESTRUTURAL

## – ESTRUTURAS DE TELHADO

A execução da cobertura se resume na última fase da superestrutura. Seu objetivo consiste, além da proteção contra as intempéries, na valorização do imóvel. Muitas vezes a laje pré-fabricada cumpre este papel, mas nem sempre produz o mesmo efeito estético. Ao contrário, seu uso como cobertura está mais ligado ao escasso orçamento disponível na obra. Há casos também em que o telhado é executado após um longo uso do imóvel. Certamente, depois de muitos aborrecimentos com vazamentos e até prejuízos materiais.

Vários são os produtos industrializados que se destinam a impermeabilizar as lajes. Quando bem executados podem surtir efeito por algum tempo. Se não houver uma manutenção periódica as infiltrações começam a aparecer. Está comprovado que o melhor impermeabilizante ainda é o *telhado*.

Historicamente as telhas teriam surgido pelas mãos dos Romanos. Se não as inventaram, seu uso foi difundido por eles. Primeiramente eram placas de argila, secas ao sol. Os tijolos já eram utilizados em grande escala e, certamente, serviram de embrião para a confecção das telhas, já que bastava aumentar suas dimensões e ao mesmo tempo achatá-las. Vale lembrar que, diferentemente dos tijolos egípcios, os romanos os utilizavam em um formato estreito e largo, facilmente identificado na confecção dos arcos. Assim, num plano horizontal, para encaixar melhor e evitar infiltrações, bastava dobrar as laterais. Por outro lado, lembramos da semelhança com as telhas capa e canal usadas até hoje. É um processo óbvio e elementar que pode ter durado muito tempo, porém sem a necessidades de algum “auxílio sobre-humano”.

Do mesmo modo, a estrutura de sustentação e sua inclinação, das fases iniciais até sua consolidação como cobertura, também pertencem às “mágicas que desencadeiam as descobertas”. Considerando a associação de ideias como combustível para essas invenções, é possível identificar elementos já utilizados desde a fase Neolítica,

como as moradias construídas com materiais vindos da vegetação. Neste processo só haviam “paredes” externas, delimitando um único cômodo, constituídas por uma trama de madeira bruta, roliça e retilínea, amarradas com cipó, formando um painel, cujos vão poderiam ser pequenos, conforme a habilidade do construtor. Sobre essa trama era amarrado o capim seco, hoje conhecido como sapé, fixado da mesma forma. Esta mesma trama de madeira bruta também era usada para sustentar o sapé na cobertura, como demonstra alguns registros históricos. O curioso é que esse sistema, ainda é usado nos dias de hoje, na zona rural.

As placas de argila secas, tendo outras utilidades de longa data, deveriam demonstrar uma boa resistência a ponto de ser empregada também como proteção das moradias. Pelo fato desta trama rudimentar já ter uma inclinação, a novidade seria apenas substituir o sapé pelas placas de argila.

Com o tempo essas placas passam a ter formatos diferentes e no decorrer do processo elas são dotadas de reentrâncias, permitindo-lhes se encaixarumas às outras. Hoje, elas são conhecidas pelos povos que as criaram, como as telhas francesas, as portuguesas, as romanas, etc.

A estrutura de sustentação é denominado plano de águas. O painel formado por este conjunto deve ter uma inclinação específica para a água da chuva escoar em direção ao beiral, que pode ou não, ter um coletor denominado calha. O grau aplicado ao plano de águas depende da escolha do tipo de telhas, já que umas facilitam o escoamento e outras não.

#### **- Composição do plano de águas:**

Este conjunto de elementos que tem por finalidade a sustentação das telhas pode ser executado em madeira ou metal, sendo que, este último, é mais recente e de uso ainda limitado. As peças são semelhantes às da madeira, inclusive para uso em residências. Seu custo ainda é elevado devido à baixa demanda. Feito em chapa galvanizada sua fixação pode ser feita através rebites, porcas e parafusos. São muito práticos na montagem e por isso agilizam a obra. Requerem mão de obra especializada, evidentemente. Em conjuntos habitacionais são preferidas pelas razões descritas anteriormente. Em grande quantidade seu custo cai, viabilizando seu emprego.

As estruturas de madeiras são amplamente utilizadas apesar de ter suas limitações. Nem toda madeira é durável e muitas podem sofrer ataques de cupim. Por esta razão é recomendável aplicar um fungicida nas peças antes da montagem, por ser mais fácil, usando-se trincha. Se possível em duas demãos, o que não é exagero considerando que um telhado não pode e não deve ser refeito a cada cinco anos.

#### **- Sustentação:**

O plano de águas deve ser sustentado por uma estrutura que propicie uma inclinação necessária ao escoamento das águas de chuva. Este artifício depois de pronto tem formato triangular. Também pode ser executado em madeira, mais usual, ou metal. A esta estrutura dá-se o nome de tesoura. Inúmeros são os formatos desses suportes, inclusive alguns são representativos de certas culturas que chegam até nós pela tradição de seus descendentes.

A construção das tesouras depende de alguns fatores inerentes à estética ou a eficiência do conjunto, infelizmente. O sempre elevado custo da madeira e suas restrições quanto a sua extração, limita o uso das tesouras. Muito comum nas residências antigas, hoje elas são previstas somente se a estrutura de telhado for aparente.

Outro fator coopera para essa prática. Com o surgimento das lajes pré-fabricadas e de uso quase que obrigatório nas residências, fez com que a montagem de tesouras caísse em desuso. O custo elevado não se justifica, pois, aquele elemento ficará escondido sobre a laje. Para substituí-la faz-se um maciço de alvenaria com um formato triangular chamado oitão, de maneira a proporcionar a inclinação necessária para o escoamento da água. Nas posições intermediárias, muitas vezes, um simples apoio de madeira cumpre também a função do oitão de alvenaria.

Em ambientes comerciais ou residenciais, quando o Projeto exige expor a estrutura de telhado, aí sim, as tesouras são essenciais para a estética do conjunto. Nesse caso usa-se madeira aparelhada e de boa qualidade, bem como, mão de obra especializada.

#### **- Inclinação:**

Normalmente a inclinação do plano de águas pode ser obtida por três métodos diferentes. No primeiro deles, denominado *Grau*, é necessário fazer uso de um grande transferidor de madeira contendo os ângulos de 0 a 180°. Esta ferramenta deve ser posicionada sobre a parede que limita o telhado, ou seja, onde começará o beiral. Neste ponto consideramos como o ângulo zero e aí fixamos a linha que deverá coincidir com o ângulo desejado. No ponto médio com o beiral oposto, isto é, no centro do suposto “vão”, se o telhado for montado sobre uma laje, fixamos um suporte para prender a linha. Obedecendo ao ângulo escolhido, fixamos a viga mais alta denominada cumeeira. Sendo o ponto mais alto, esta peça servirá de apoio ao conjunto de caibros que propiciará o escoamento da água.

O *Ponto* é outra modalidade para determinar o ângulo do telhado. Consiste em dividir o vão total por um número específico, donde resultará a altura necessária para a fixação da cumeeira. Para sugerir, considerando um

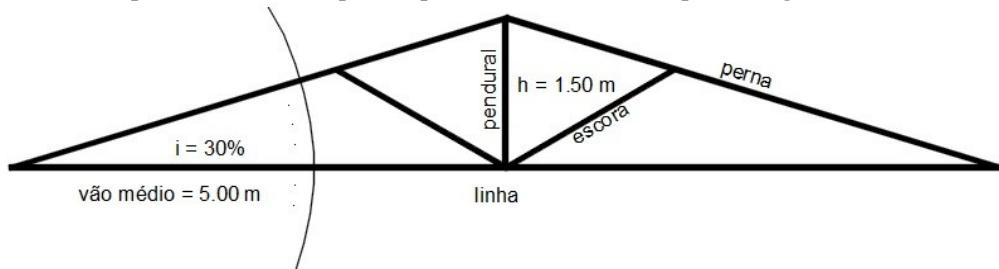
exemplo simples, adotaremos o ponto de 1/5 para um vão total de 10 m. Dividindo este valor por 5 teremos o resultado igual a 2. Assim a cumeeira será fixada com 2 m de altura em relação ao beiral, que é o referencial. Este sistema foi adotado e muito usado na Arquitetura colonial, ou seja, sob o domínio de Portugal. Isto se justifica pelo fato das edificações da época usarem somente um tipo de telha, a “capa e canal”, também conhecida como telha colonial. Devia ser um valor genérico e que fosse usado em qualquer tipo de obra, o que não acontece nos dias de hoje.

Com o surgimento de outros modelos de telhas no Brasil, a primeira chamada de “francesa”, esses sistemas ficaram em desuso, pois, cada um deles exigia uma inclinação diferente. Hoje dezenas de modelos estão disponíveis para o consumidor.

A *Porcentagem* é o sistema que superou os anteriores por ser aplicado a qualquer tipo de telha. Para os produtos oferecidos atualmente a variação em termos de porcentagem pode ir de 5% até 35%, considerando dimensões, material e formato das telhas. É fácil perceber a dificuldade em aplicar os sistemas anteriormente descritos.

Geometricamente poderíamos considerar a estrutura como um triângulo retângulo donde o cateto maior estaria na horizontal e o menor na vertical, sendo que a hipotenusa representa o plano de águas.

Para uma telha chamada “romana”, muito usada, a porcentagem indicada é 30%. Ao contrário do *Ponto* consideraremos a distância média entre os beirais. Considerando o mesmo exemplo acima teremos o valor de 5 m até o centro do vão. Ao aplicarmos a porcentagem, a altura resultante será de 1.50 m para a cumeeira. Dessa forma a cada metro de telhado a partir do beiral em direção ao centro, este se elevará 30 cm. Aqui também será necessário esticar linhas para a fixação das peças após a determinação da porcentagem necessária.



A inclinação do plano de águas deve considerar também a região onde será executada a obra. Em zonas muito chuvosas e sujeitas a ventos fortes devemos aumentar o grau de inclinação para dar maior velocidade ao fluxo de água. Outra atitude a ser tomada está no aumento do recobrimento das telhas, ou seja, o quanto uma cobre a subsequente. Entretanto, isto só é possível quando utilizamos telhas coloniais, aquelas também conhecidas como capa e canal. Favorecidas pelo seu formato e montagem, podemos diminuir o espaçamento entre as ripas, chamado de gabarito. Assim, o remonte será maior, impedindo a água de vazar entre as telhas.

As telhas convencionais não permitem este artifício, pois, se encaixam perfeitamente entre elas, devido ao formato de fabricação. Nesse caso a única solução será o aumento da inclinação. Essas soluções demandam um aumento da quantidade de madeiras e telhas, onerando os custos, porém garante a salubridade do ambiente.

#### - Dimensionamento:

Para dimensionar os componentes de uma tesoura temos que considerar os esforços que atuarão nos mesmos. Causados pela força peso, essas peças sofrerão ações de tração ou compressão. Considerando as peças de madeira padronizadas disponíveis no comércio em geral e respeitando sua resistência admissível, escolhemos aquelas cuja seção resistirá aos esforços acima descritos, dando estabilidade e segurança à estrutura do telhado.

**TESOURA - Seção das peças em relação aos vão de apoio:**

VÃO (m)	LINHA (cm)	PENDURAL (cm)	PERNA (cm)	ESCORA (cm)
5 a 6	6 X 12	6 X 10	6 X 15	6 X 8
7	6 X 15	6 X 15	6 X 18	6 X 8
8	6 X 15	6 X 15	6 X 18	6 X 12
9 a 10	6 X 18	6 X 18	6 X 20	6 X 12
12	6 X 20	6 X 20	6 X 20	6 X 12

## TERÇAS E CAIBROS – Seção das peças em relação aos vãos de apoio:

ESPAÇAMENTO (entre tesouras ou oitão)	ESPAÇAMENTO (entre terças)			TERÇAS CUMEEIRAS Dimensão (cm)
	1.50 m	2.00 m	2.50 m	
2.50 m	6 X 12	6 X 15	6 X 18	
3.00 m	6 X 15	6 X 18	6 X 20	
3.50 m	6 X 18	6 X 20	6 X 22	
CAIBROS Dimensão (cm)	4 x 8	6 x 8	8 x 10	
Espaçamento entre caibros = 50 cm				
RIPAS (cm)	2.5 X 5.0 (Espaçamento depende da telha)			

**- Montagem:**

É importante ressaltar aqui a elaboração de um projeto de telhado especificando as peças e suas dimensões. Dessa maneira não haverá desperdício de madeiras. As peças poderão inclusive ser numeradas para facilitar a montagem. Antigamente se planejava a execução de um telhado pela compra de caminhões de madeira. Hoje isto é um luxo inadmissível.

Definido como ficará a sustentação do plano de águas, se através de tesoura ou oitão, e efetivada sua execução, teremos a cumeeira como o ponto mais alto do telhado. As peças mais abaixo que servirão de apoio para os caibros também são constituídas por vigas e levam o nome de terças. A distância entre as tesouras ou entre as terças norteará a escolha da seção das peças, como mostrado na tabela acima. A terça será fixada com pregos entre tesouras ou chumbadas com argamassa nos oitões de alvenaria. É aconselhável executar esses elementos de alvenaria sobre as paredes divisórias do pavimento inferior para não sobrecarregar a laje. Se a distância entre os apoios exceder o dimensionamento a cumeeira deverá ter apoios intermediários de madeira desde que esses se apoiem em vigas deitadas, distribuindo o peso numa área maior.

Fixados a cumeeira e as terças o próximo passo será fixar os caibros perpendicularmente aos anteriores. A distância média entre os caibros é de 50 cm, entre eixos. Isto deve ser observado, pois, garantem a retidão das ripas que são mais finas.

A manta alumínizada é um componente que precisa ser previsto. Ela garante a comodidade de escoar possíveis vazamentos e isolan o imóvel do calor externo.

Encontrada em diversas espessuras ela é vendida em rolos com um metro de largura, em média. Deve ser pregada nos caibros no sentido do beiral para a cumeeira. A faixa seguinte deverá cobrir a anterior ao menos 20 cm, chamado de remonte e assim sucessivamente. O ideal é fixar no mesmo alinhamento dos caibros um contra-caibro sobre a manta. Isto, nada mais é do que um caibro cortado ao meio. Assim, se formará um colchão de ar entre as telhas, aumentando o isolamento. Esses recursos oneraram o telhado, mas trazem conforto e nos fazem esquecer que ele existe.

Em seguida, passamos a fixar as ripas, com ou sem o uso da manta. Essas peças, mais finas, suportarão as telhas. Para esta tarefa será necessário fazer um gabarito, ou seja, uma peça de madeira com recortes. Ao se encaixar nas ripas ele manterá o espaçamento entre os apoios, segundo a telha utilizada.

Terminado a montagem da estrutura passamos ao posicionamento das telhas. As fiadas devem começar pelo beiral em direção a cumeeira para obedecer ao remonte. No beiral devemos fixar duas ripas superpostas para que a telha não fique caída, coincidindo com a inclinação das outras. Dificilmente um telhado começa e termina com telhas inteiras, mesmo naqueles casos em que há recuos laterais. Este detalhe também pode ser planejado na fase de projeto, evitando surpresas ou tiras muito estreitas nas extremidades, passíveis de provocar vazamentos. As extremidades das fiadas devem receber um arremate com telhas chamadas de capa ou paulistinha, chumbadas com argamassa que contenha cal para evitar trincas ao longo do tempo. No ponto mais alto, conhecido como cumeeira e nas emendas que dividem as águas, conhecidas como espião, o arremate é feito com as telhas chamadas cumeeiras. Nas emendas onde há convergência das águas, conhecido como água furtada, devemos prever chapas metálicas embaixo das telhas, conhecidas como rufo.

A argamassa de chumbamento nos arremates poderá receber pigmentação avermelhada, chamado de óxido de ferro para um perfeito acabamento. Depois de pronto, o telhado poderá receber uma pintura com resina, que embelezará o trabalho. Isto irá impermeabilizá-lo e aumentará sua durabilidade.

As telhas de fibrocimento, onduladas ou do tipo calha, são fixadas à estrutura de madeira por meio de pregos ou parafusos colocados sempre na parte superior da onda.

Quando, por motivos estéticos, adotar-se uma inclinação acima do previsto, devemos providenciar a fixação das telhas com arame junto à estrutura de madeira.

**- Inclinação Média Baseada na Porcentagem:**

TIPO DA TELHA	MODELO MATERIAL	CLIMA CHUVOSO	CLIMA MUITO CHUVOSO
FRANCESCA	CONJUGADA CERÂMICA OU CIMENTO	30%	40%
ROMANA			
ITALIANA			
PORTUGUESA			
ESPAÑOLA			
AMERICANA			
COLONIAL	INDEPENDENTE CERÂMICA	25%	30%
CAPA E CANAL (PLAN)			
PLAN LISA			
ONDULADA	CHAPA FIBROCIMENTO	10%	13%
CANALET			
TRAPEZOIDAL	CHAPA METÁLICA	6%	8%
CANAleta	CHAPA RECICLÁVEIS	5%	10%
ONDALINE			
ECOTOP		22%	25%

Os arames, nesse caso, deverão ser materiais resistentes à ferrugem como cobre ou latão. Será necessário furar as telhas na parte protegida pelo remonte para não provocar vazamentos. Algumas telhas planas, geralmente usadas em telhados destinados a suportar neve, possuem furos para fixação, pois, a inclinação nesse caso ultrapassa 45º.

Em zonas litorâneas convém prender as telhas do beiral na estrutura, devido aos fortes ventos. Nas varandas desprovidas de forro também é aconselhável a fixação das telhas com arame.

**- Representação Gráfica:**

O primeiro passo para se detalhar um Projeto de telhado é determinar os divisores de águas. Eles são representados pela junção dos planos de águas, isto é, onde eles se encontram.

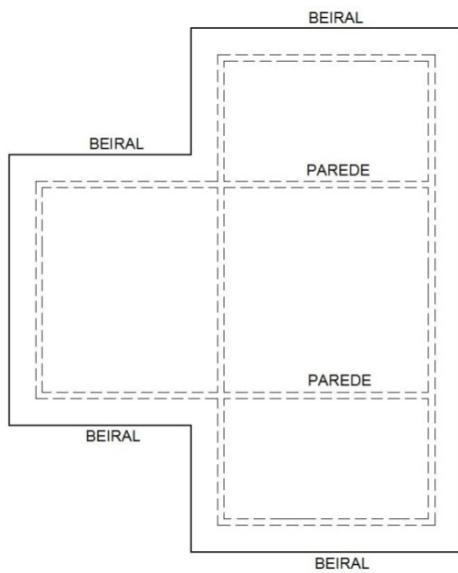
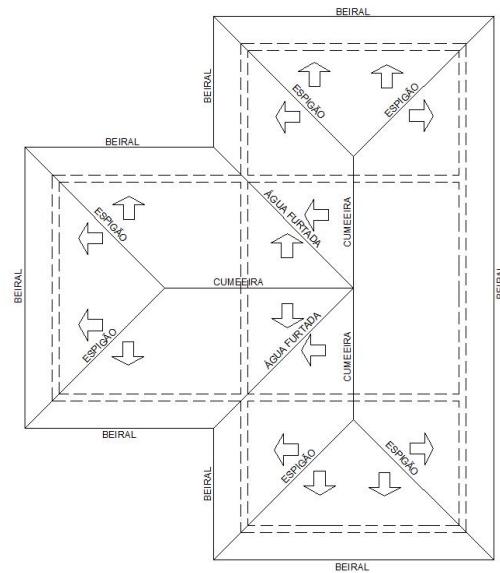
Isto somente não acontece se o telhado for de uma água, como demonstrado acima. Nas outras situações os planos de águas possuem ângulos diferentes, gerando assim, fluxos de comportamentos diferentes. Se o fluxo de água se afasta em direção ao beiral, está emenda é denominada espigão. Se o fluxo de água converge para a emenda, esta é denominada água furtada. Isto é um fator determinante, pois, demandará um acabamento específico para cada situação. Se espigão, a emenda deverá ser emboçada com telhas cumeeira. Se água furtada, deveremos prever uma chapa metálica (rufo) sob as telhas para o escoamento da água em direção à calha.

O ponto mais alto do telhado, denominado cumeeira, também é um divisor de águas.

Após o traçado dos divisores de águas podemos desenhar parte da estrutura, mostrando a cumeeira, as terças, os caibros e as ripas, em escala. Dessa forma será possível determinar a quantidade exata de peças e suas dimensões, facilitando a compra e a execução.

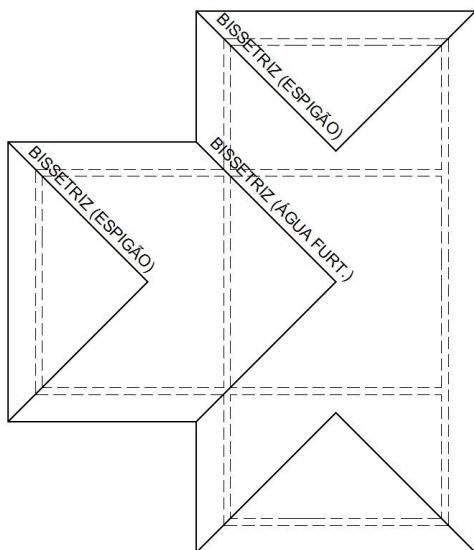
Os telhados mais comuns são os de duas e o de quatro águas. Os de duas águas quando usado são montados com uma água para frente e outra para trás. Favorece esteticamente o imóvel, pois, deixa à mostra as telhas utilizadas.

Abaixo temos a Planta de um típico telhado quatro águas mostrando o beiral e suas junções. As setas representam a direção do fluxo de águas.

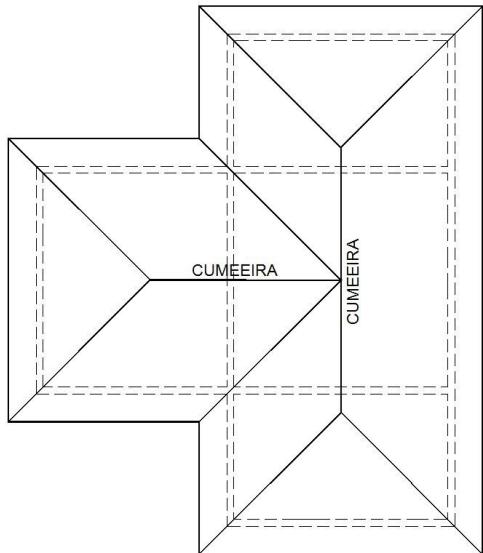


### DIVISORES DE ÁGUAS Etapas do traçado:

*1<sup>a</sup>. Etapa: As paredes do imóvel serão desenhadas com linhas tracejadas, pois, estão em um plano inferior ao telhado. Em seguida, traçamos a linha do beiral paralela à parede com linha contínua. A distância varia de 50 a 60 cm.*



*2<sup>a</sup>. Etapa: Traçamos a bissetriz dos ângulos que identificarão os divisores de águas. Os encontros dessas bissetrizes determinam o início da cumeeira. A bissetriz invertida determina a água furtada.*



*3<sup>a</sup>. Etapa: Unimos as bissetrizes para traçar a cumeeira e esta finaliza no encontro com a águia furtada. O vão entre paredes determinará a altura da cumeeira. Se os valores forem iguais num telhado irregular as cumeeiras ficarão alinhadas ou perpendiculares. Se a largura for diferente surgirão emendas em ângulos entre as cumeeiras, gerando espingões.*