

Aços Longos



ArcelorMittal

# Manual Técnico de Lajes Trelaçadas



# Índice

|   |    |
|---|----|
| Apresentação.....   | 02 |
| Armação Trelaçada.....  | 03 |
| Vigota Trelaçada e Pannel Trelaçado .....   | 04 |
| Elementos de Enchimento .....   | 05 |
| Caapeamento e Armadura de Distribuiçãõ .....  | 06 |
| Projeto e Carregamentos.....  | 07 |
| Tabelas de Armaduras Adicionais .....   | 08 |
| Obras de Referência .....   | 09 |
| Execuçãõ (Transporte e Manuseio, Escoramento, Nervuras<br>Transversais, Posicionamento em Serviçõ, Vigotas Justapostas,<br>Colocaçãõ dos Elementos de Enchimento, Armadura<br>Complementar, Concretagem e Descimbramento) ..... | 29 |
| Bibliografia.....   | 40 |

# Apresentação

Atualmente está se tornando comum, nos pavimentos de edificações, a utilização de vãos cada vez maiores, e em muitos casos paredes de alvenaria são dispostas diretamente sobre as lajes.

A melhor solução técnica para esses pavimentos é o emprego de lajes nervuradas, nas quais é eliminada grande parte do concreto abaixo da linha neutra.

Com a execução das lajes nervuradas a partir de vigotas e painéis pré-moldados, as formas e os escoramentos sofrem reduções significativas, sendo, portanto, a melhor solução técnica e econômica.

O sistema de lajes treliçadas, originário da Europa, foi implantado no Brasil buscando explorar e superar as limitações técnicas e econômicas dos sistemas de lajes nervuradas pré-moldadas utilizados até então, possibilitando diversas aplicações de maneira racional e competitiva e uma ótima relação custo-benefício.

As vigotas e painéis pré-moldados com armação treliçada, denominados de vigotas e painéis treliçados, permitem a perfeita solidarização das peças pré-moldadas com o concreto moldado *in loco* e também apresenta maiores vantagens e facilidades construtivas. É crescente o interesse mundial pela utilização da armação treliçada com os mais diversos objetivos: em obras residenciais, industriais, comerciais, shopping centers, pontes, reservatórios, muros de contenção, entre outros.

O presente manual segue os preceitos das normas pertinentes e conta com a colaboração dos parceiros envolvidos. Tem como objetivo oferecer informações essenciais por meio de exemplos práticos, tabelas para colocação de armaduras adicionais, contraflechas, opções de projetos, dicas de execução e cuidados básicos para que fabricantes, construtores, projetistas e pequenos consumidores possam utilizar o processo com tecnologia, economia e qualidade.

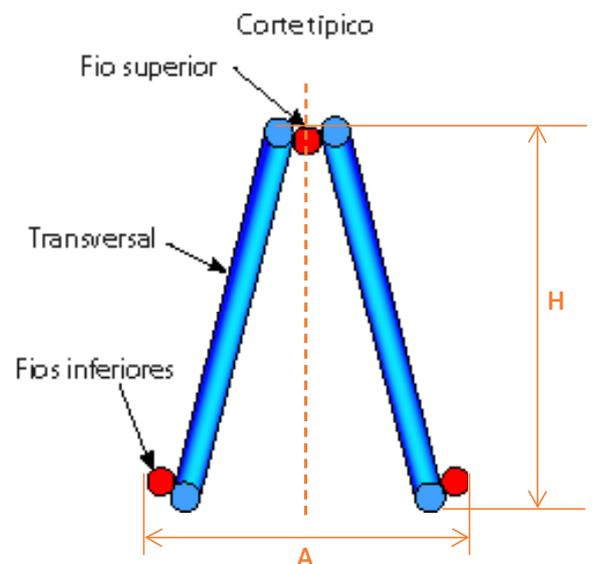
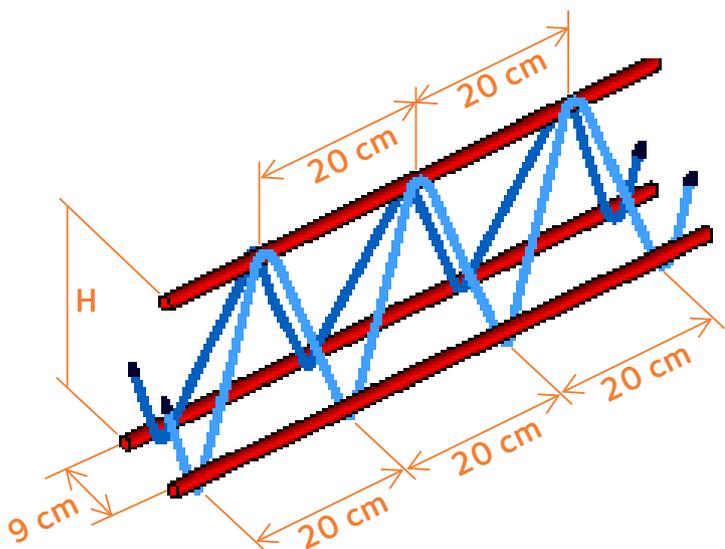
# Armação Treliçada Nervurada

A armação treliçada é uma estrutura metálica espacial prismática em que se utilizam fios de aço Belgo 60 Nervurado (CA60), soldados por eletrofusão ou caldeamento, de modo a formar um elemento rígido composto de duas treliças planas, inclinadas e unidas pelo vértice superior.

É constituída por um fio superior (banzo superior), que atua como armadura de compressão durante a montagem e concretagem da laje treliçada, e pode colaborar na resistência ao momento fletor negativo (em regiões de apoio central); dois fios inferiores (banzo inferior), os quais resistem às forças de tração oriundas do momento fletor positivo; as diagonais ou sinusoides, que, além de funcionarem como armadura resistente às forças cortantes (quando forem altas), servem para promover uma perfeita coesão ou aderência entre o concreto pré-moldado da vigota e o concreto do capeamento (moldado *in loco*).

Quanto às dimensões, ela possui altura, base, passo, saliência inferior, comprimento e diâmetro dos fios. A altura ( $h$ ) é a distância entre a superfície limite inferior (face inferior da saliência inferior) e a superfície limite superior (banzo superior), perpendicular à base e no eixo da seção treliçada, dada em mm. A base ( $b$ ) é a distância entre as faces externas entre os fios que compõem o banzo inferior, dada em mm, e mede entre 80 e 120 mm. Passo ( $p$ ) é a distância entre eixos dos nós entre os aços que compõem a armação treliçada, dada em mm, e tem sempre 20 cm. A saliência inferior é a distância entre a face inferior do banzo inferior e a superfície limite inferior da armação treliçada.

São produzidas em três comprimentos: 8, 10 e 12 metros, pois a partir desses valores é possível obter os comprimentos de vãos mais comuns em projetos.



# Armação Treliçada

A tabela abaixo mostra as Treliças Belgo padronizadas; as solicitações de treliças especiais serão atendidas mediante consulta.

## Especificações do Produto

| Modelo  | Designação | Altura (h) (mm) | Composição/Fios |                |                | Peso Linear (kg/m) |
|---------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|
|         |            |                 | Superior (ø S)  | Diagonal (ø D) | Inferior (ø I) |                    |
| TB 8L   | TR 8644    | 80              | 6,0             | 4,2            | 4,2            | 0,735              |
| TB 8M   | TR 8645    | 80              | 6,0             | 4,2            | 5,0            | 0,825              |
| TB 12M  | TR 12645   | 120             | 6,0             | 4,2            | 5,0            | 0,886              |
| TB 12R  | TR 12646   | 120             | 6,0             | 4,2            | 6,0            | 1,016              |
| TB 16L  | TR 16745   | 160             | 7,0             | 4,2            | 5,0            | 1,032              |
| TB 16R  | TR 16746   | 160             | 7,0             | 4,2            | 6,0            | 1,168              |
| TB 20 L | TR 20745   | 200             | 7,0             | 4,2            | 5,0            | 1,111              |
| TB 20R  | TR 20756   | 200             | 7,0             | 5,0            | 6,0            | 1,446              |
| TB 25M  | TR 25856   | 250             | 8,0             | 5,0            | 6,0            | 1,686              |
| TB 25R  | TR 25858   | 250             | 8,0             | 5,0            | 8,0            | 2,024              |
| TB 30M  | TR 30856   | 300             | 8,0             | 5,0            | 6,0            | 1,823              |
| TR 30R  | TR 30858   | 300             | 8,0             | 5,0            | 8,0            | 2,168              |

Comprimento: 8,10 e 12 m. Outras dimensões sob consulta.

A primeira coluna mostra os modelos diferenciados pela altura (h) da treliça e suas linhas: leve (L), média (M), reforçada (R) e pesada (P). Exemplo: TB 8M – Treliça Belgo com 8 cm de altura, linha média. A segunda coluna, segundo a NBR 14862, especifica a treliça (TR) discriminando novamente sua altura e, na sequência, o diâmetro dos seus fios. Exemplo: TR 8645 – treliça com 8,0 cm de altura, fio superior  $\varnothing = 6,0$  mm, diagonais  $\varnothing = 4,2$  mm e fios inferiores  $\varnothing = 5,0$  mm.



# Vigota Treliçada e Painel Treliçado

É o conjunto formado pela armação treliçada, a ferragem adicional e a base de concreto. É o produto final que deverá ser entregue pelo fabricante ao cliente, juntamente com o elemento de enchimento e um projeto de montagem.

Deve ser dimensionada para resistir aos esforços após a concretagem da laje, mas também deve ter a rigidez necessária para resistir ao transporte e à montagem.

Nas fábricas de laje, as vigotas são moldadas em formas de chapas metálicas de 3 mm de espessura, dobradas tipo calha, com 12 ou 13 cm de base por 3 cm de altura. Geralmente, para pré-lajes, adota-se a base de 25 cm, e para painéis, base de 1,25 metro. Os comprimentos desta vigota serão definidos em projeto e fornecidos ao fabricante para que sejam produzidos no tamanho exato.

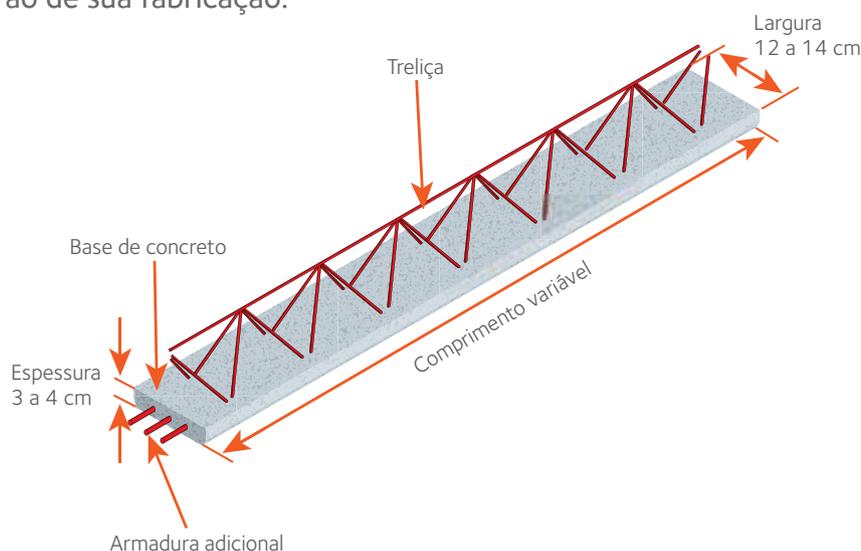
Devem ser montadas sobre cavaletes, formando, assim, uma pista de concretagem que deve ficar no mínimo a 40 cm do chão, facilitando o lançamento do concreto, a desforma e a retirada das vigotas. As formas devem estar sempre limpas e sem rebarbas, devendo ser protegidas com óleo antiaderente (desmoldante) antes de cada concretagem. Devem-se seguir estes procedimentos para evitar que as vigotas sejam danificadas quando forem retiradas.

Deve-se garantir que ao menos 50% da armadura positiva chegue até o apoio e tenha um comprimento suficiente para uma correta ancoragem. Isto é muito importante, pois significa ter uma boa aderência entre o aço e o concreto, evitando, assim, que haja qualquer tipo de escorregamento do aço dentro do concreto, garantindo a transferência de esforços entre os dois materiais.

O concreto utilizado nessa base deve atender às especificações das normas NBR 6118, NBR 8953, NBR 12654 e NBR 12655, e sua resistência à compressão será no mínimo de 20 Mpa ou aquela especificada no projeto estrutural, prevalecendo o valor mais alto.

Utilizando-se um concreto com fck da ordem de 20 Mpa, podem-se retirar as vigotas das formas 16 horas depois da concretagem, quando o concreto já deverá ter atingido 4 Mpa.

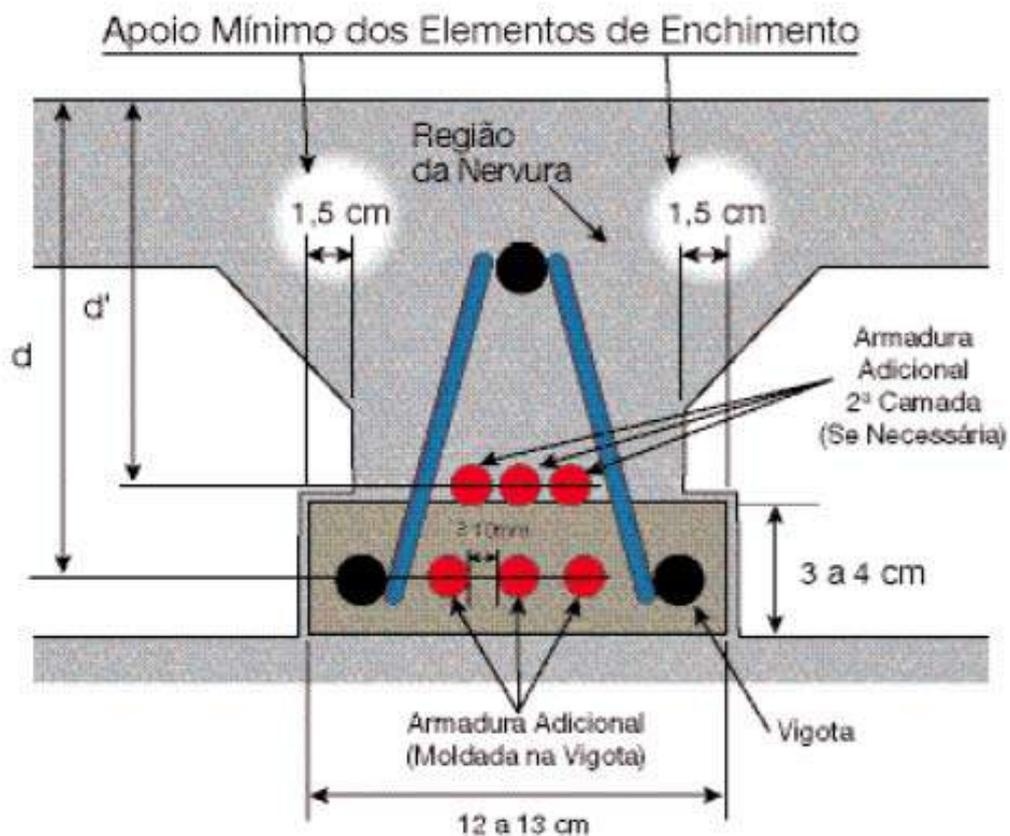
Aos três dias, a resistência já ultrapassa 10 Mpa e as vigotas estão liberadas para montagem. Pode-se utilizar, também, o cimento ARI (alta resistência inicial), que proporciona maior rapidez na obtenção das resistências. Com 8 horas, a resistência já é de 4 Mpa, e com 24 horas é de 14 Mpa, e as vigotas podem ser enviadas à obra no dia seguinte ao de sua fabricação.



# Vigota Treliçada e Painel Treliçado

Os comprimentos desta vigota serão definidos em projeto e fornecidos ao fabricante para que sejam produzidos no tamanho exato.

O detalhe abaixo representa uma nervura de lajes com vigotas treliçadas:

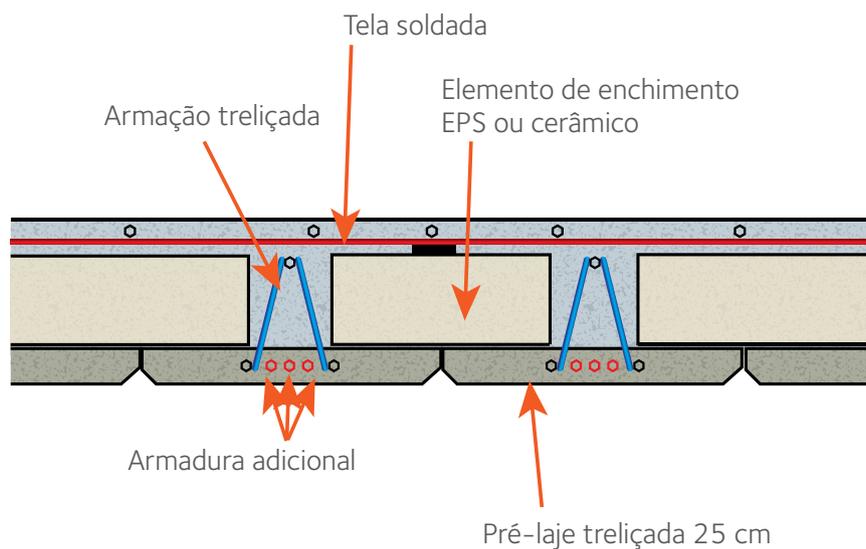
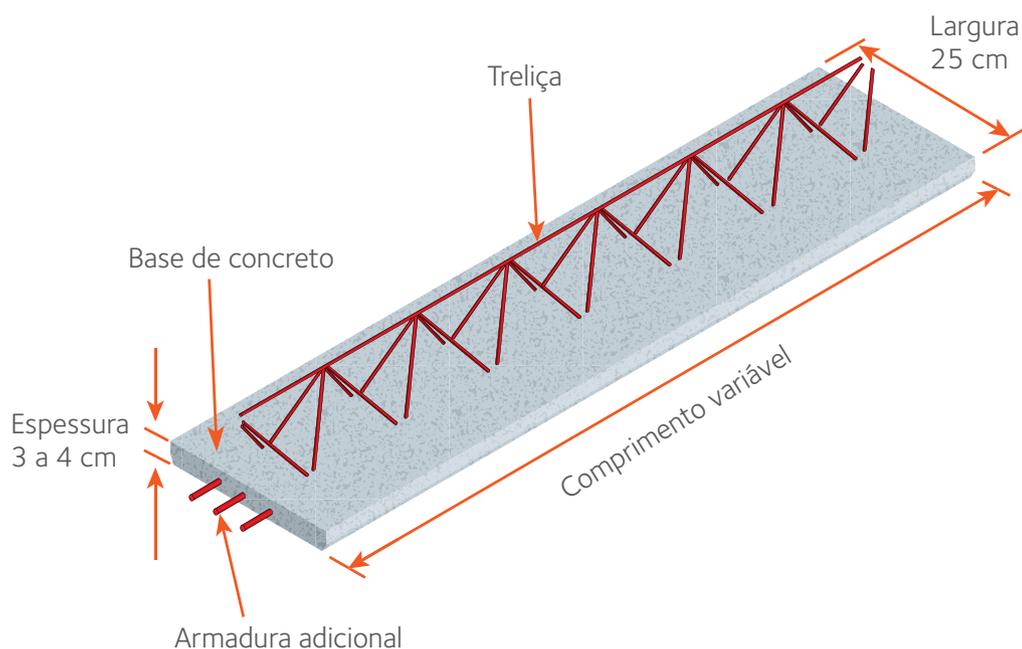


d: Altura Útil

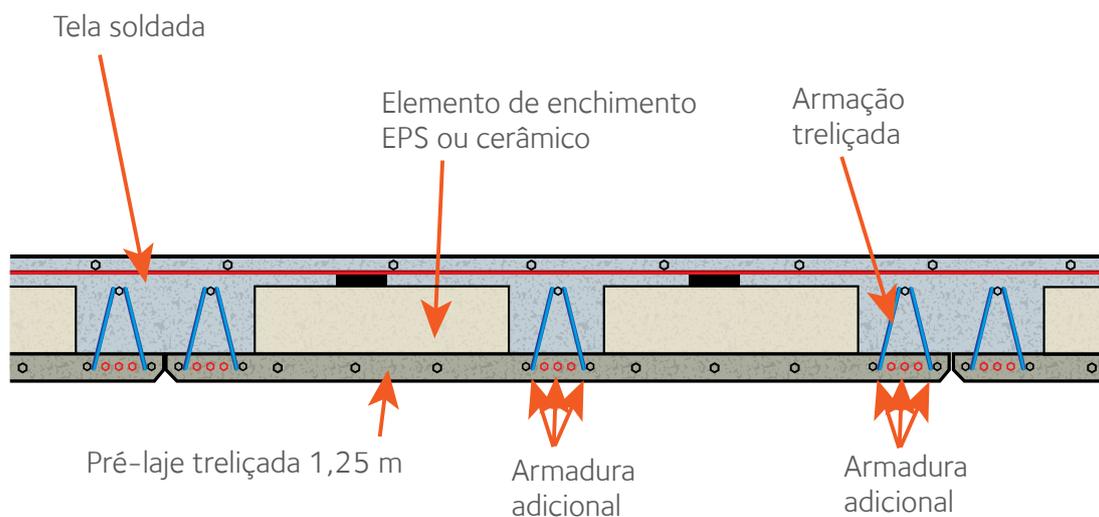
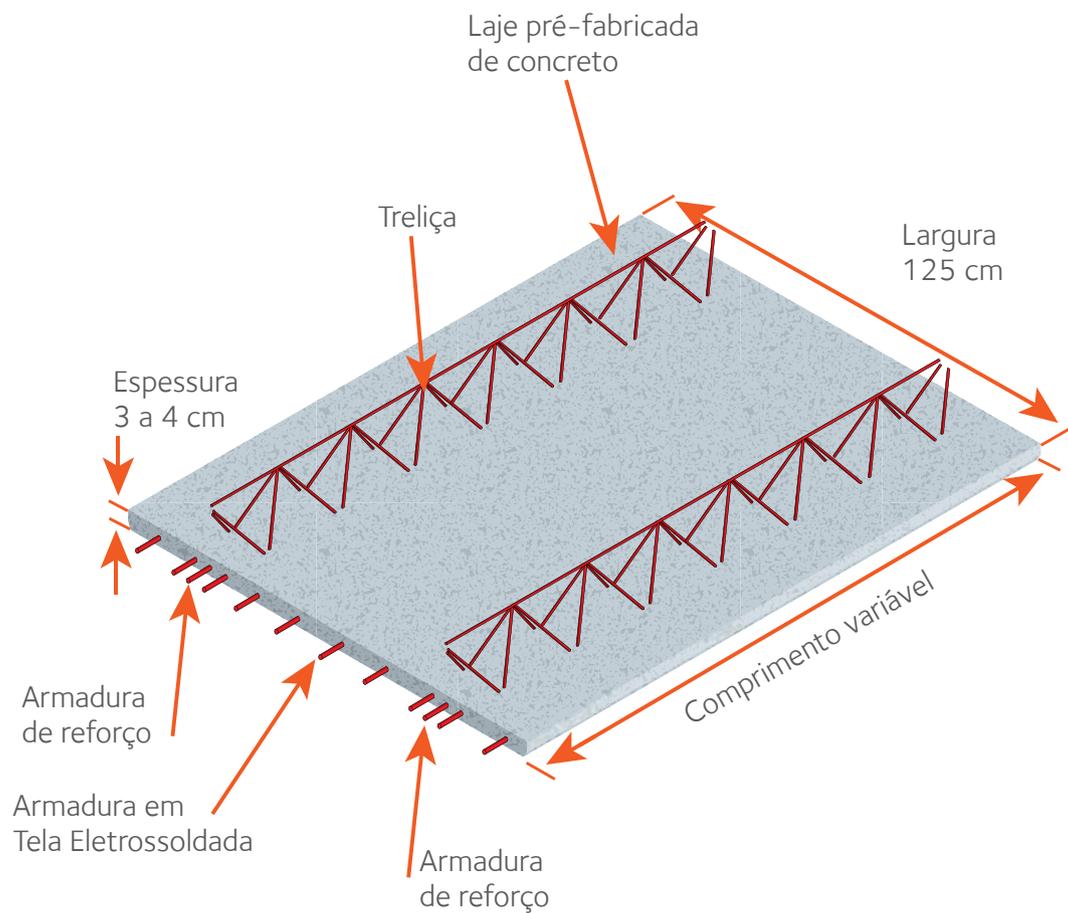
d': Altura Útil para a 2ª Camada

# Vigota Treliçada e Painel Treliçado

Outras duas soluções para lajes treliçadas são: pré-laje treliçada com placas de 25 cm e 1,25 metro, recomendadas em obras horizontais de grandes extensões, como shoppings e tabuleiros de pontes, em que a rapidez de execução é condição essencial.



# Vigota Treliçada e Painel Treliçado



# Vigota Treliçada e Painel Treliçado

A seguir mostraremos o esquema de fabricação das pré-lajes treliçadas.

## Formas e Pistas

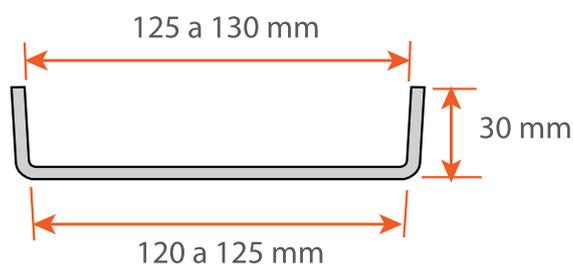
As formas são produzidas com chapas de aço na espessura de 1/8" agrupadas, unindo-se umas às outras por meio de solda, formando pistas com no máximo 1,5 m de largura (para facilitar o trabalho dos operários).

As pistas terão o comprimento possível no espaço disponível para a sua montagem, sendo que se obtém um bom aproveitamento com 30 m de comprimento. As pistas são montadas sobre uma base firme (blocos de concreto, cavaletes metálicos etc.), com altura de 0,40 m a 0,60 m, espaçadas em 1,5 m no máximo, para evitar a flexão das formas durante o lançamento do microconcreto.

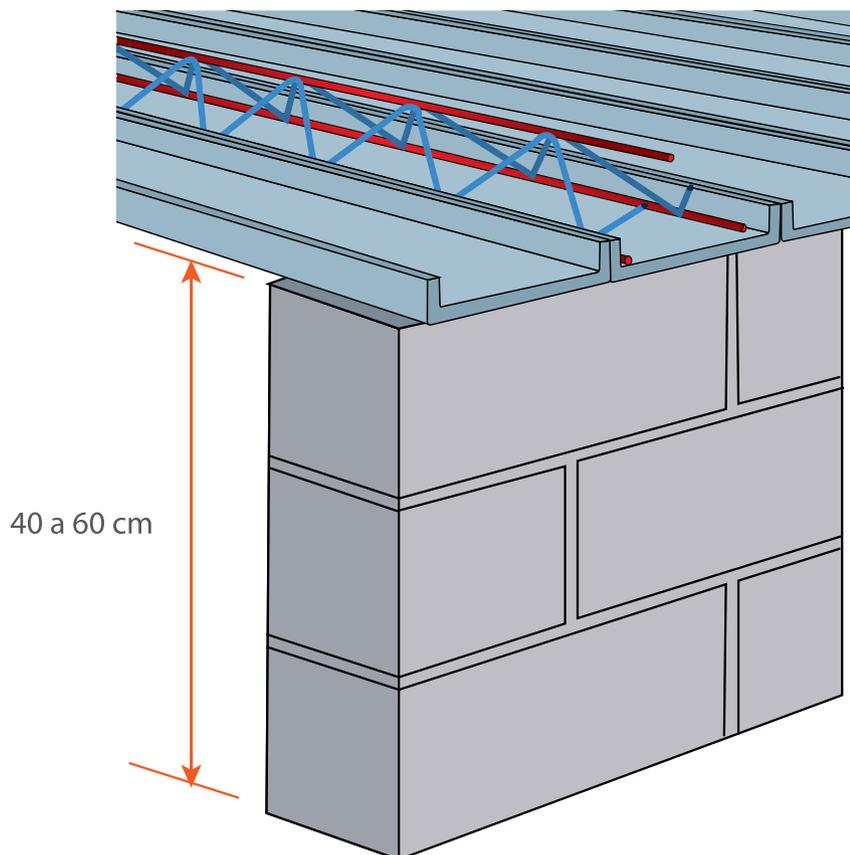
## Limpeza das Formas:

Utiliza-se uma espátula de metal, raspando-se e removendo as crostas de concreto que permaneceram da última desforma.

## Forma para Vigas Treliçadas



## Base para Formas



# Vigota Treliçada e Painel Treliçado



Pequenas peças denominadas separadores determinam o início e o fim de cada vigota.



Lançamento do microconcreto (concreto com brita zero ou pedra meia) com fck 20 Mpa.

# Vigota Treliçada e Painel Treliçado

Colocação e posicionamento da armadura adicional.



A desforma das vigotas pode ser feita manualmente.



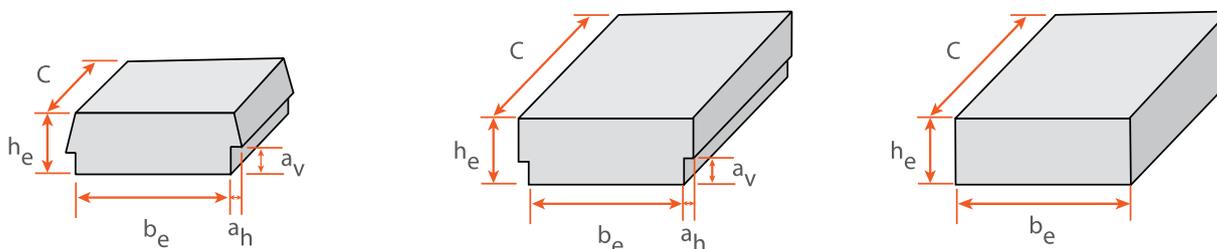
# Vigota Treliçada e Painel Treliçado



Na estocagem das peças, deve-se ter cuidado ao posicionar os sarrafos para os apoios. Devem ser colocados a cada 2,5 m ao longo do comprimento das peças.

# Elementos de Enchimento

São componentes pré-fabricados com materiais inertes de vários tipos: EPS (isopor), cerâmico, concreto ou do tipo caixão perdido, que são contraformas de madeira ou peças de material resinado. São intercalados entre as vigotas ou sobre as pré-lajes, e suas funções principais são reduzir o volume do concreto, o peso próprio da laje e servir como forma para o concreto complementar. Não são considerados elementos resistentes a esforços nos cálculos de resistência e rigidez da laje.



$h_e$  = Altura do Elemento de Enchimento

$a_v$  = Encaixe Vertical

$C$  = Comprimento

$b_e$  = Largura do Elemento de Enchimento

$a_h$  = Encaixe Horizontal

## Elementos de Enchimento Intercalados entre Vigotas

Apesar de não ser necessária para a resistência da laje, a boa qualidade deste material é importante para a segurança durante a fase de montagem e concretagem da laje. Afinal, os blocos de enchimento são responsáveis por transferir o peso do concreto ainda fresco às vigotas, que se apoiam sobre as linhas de escora. Sendo assim, torna-se necessária uma resistência mínima para este material para que esta função não seja comprometida. A resistência dos elementos de enchimento deve ser tal que suporte uma carga mínima de ruptura de 1,0 kN ou 100 kg, o suficiente para suportar esforços de trabalho durante a montagem e concretagem da laje.

Os materiais de enchimento mais utilizados atualmente são o bloco cerâmico e o EPS, sigla internacional do poliestireno expandido (isopor). Este último é um material mais leve como enchimento, porém o cerâmico tem um custo menor. Outra vantagem da utilização do EPS é seu alto grau de isolamento térmico e acústico.

Esses enchimentos possuem dentes de encaixe para garantir o posicionamento de suas bordas nas vigotas treliçadas, garantindo, dessa forma, que não haja vazamento do concreto. A maioria das peças de enchimento possui chanfros na região dos seus vértices superiores, para que seja reforçada a área de concreto, aumentando a resistência das nervuras e, conseqüentemente, da laje.

# Elementos de Enchimento

Em função das alturas padronizadas dos elementos de enchimento, as alturas totais das lajes pré-fabricadas estão descritas na tabela abaixo:

| Altura do elemento de enchimento ( $h_e$ )* | 7,0  | 8,0  | 10,0 | 12,0  | 16,0 | 20,0 | 24,0 | 29,0 |
|---|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Altura total da laje (h)                    | 10,0 | 11,0 | 14,0 | 16,0  | 20,0 | 24,0 | 29,0 | 34,0 |
|   | 11,0 | 12,0 | 15,0 | 17,00 | 21,0 | 25,0 | 30,0 | 35,0 |
|   | 12,0 | 13,0 | 15,0 | 17,00 | 21,0 | 25,0 | 30,0 | 35,0 |



Montagem simples e rápida com pré-lajes de 1,25 m sob blocos de EPS (Condomínio Residencial em Campinas).



\* Outras alturas podem ser utilizadas mediante acordo prévio e expresso entre o fornecedor e o comprador, desde que atendidas todas as demais disposições desta parte da NBR 14859 e da NBR 14860.

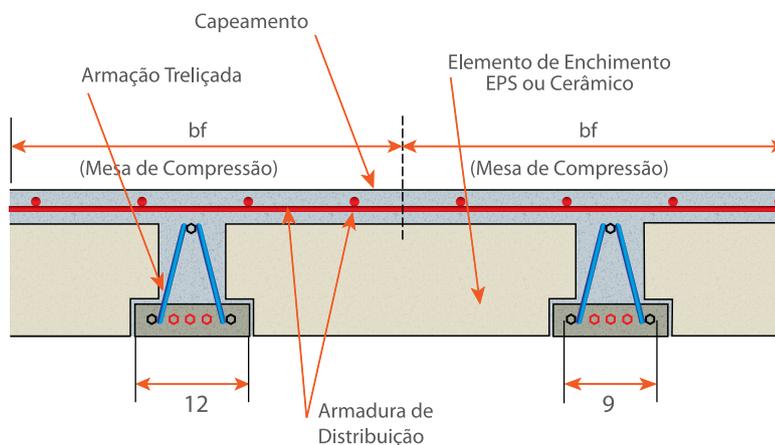
# Capeamento e Armadura de Distribuição

Este elemento estrutural irá compor a mesa da nervura de maneira a resistir aos esforços de compressão da laje em serviço e também distribuir as cargas nas nervuras. Deve ter, no mínimo, 3 cm de altura, e em edifícios de múltiplos andares, utilizando uma altura mínima de 5 cm, este elemento pode absorver esforços de vento dando maior rigidez à estrutura.

A laje deve ser colocada sobre uma armadura posicionada nas duas direções, denominada de armadura de distribuição, com seção de no mínimo  $0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$  para aços CA 25, e de  $0,6 \text{ cm}^2/\text{m}$  para os aços CA 50 e CA 60, contendo 3 barras por metro e Tela Soldada Bematel®, conforme descrito na tabela abaixo. As funções desta armadura são:

NOTA: o aço que compõe o banzo superior das armações treliçadas eletrossoldadas, de acordo com a NBR 14862 : 2002, pode ser considerado armadura de distribuição.

- 1 – Combater os efeitos da retração;
- 2 – Consolidar a estrutura da nervura com a capa;
- 3 – Efetuar um controle da abertura de fissuras;
- 4 – Efetivar a distribuição das cargas pontuais.



## Capa Mínima Resistente para as Alturas Totais Padronizadas

| Altura total da laje (cm)                | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 16,0 | 17,0 | 20,0 | 21,0 | 24,0 | 25,0 | 29,0 | 30,0 | 34,0 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Espessura mínima da Capa Resistente (cm) | 3,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 4,0  | 5,0  | 4,0  | 5,0  | 5,0  |

## Área Mínima e Quantidade de Armadura de Distribuição

| Aço          | Área mínima                  | Nº de barras/m |          |
|--------------|------------------------------|----------------|----------|
|              |                              | Ø 5,0 mm       | Ø 6.3 mm |
| CA 25        | $0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$  | 5              | 3        |
| CA 50, CA 60 | $0,6 \text{ cm}^2/\text{m}$  | 3              | 3        |
| Tela soldada | $0,61 \text{ cm}^2/\text{m}$ | Q61            |          |

# Projeto e Carregamentos

Esta etapa é de fundamental importância para a boa utilização de qualquer método construtivo, tanto para pequenas como para grandes obras. Para as obras de maior porte, como prédios acima de três lajes ou obras horizontais com grandes vãos, ou cargas muito altas, é imprescindível a contratação do engenheiro estrutural. Para conhecermos um pouco melhor a rotina de projetos estruturais, trazemos as informações a seguir.

Inicialmente, devemos identificar todos os detalhes indicados no projeto arquitetônico referentes a revestimentos de paredes, pisos, forros e elementos de fachada, aos tipos de materiais a serem empregados nas alvenarias e às dimensões desses elementos.

Um projeto arquitetônico bem elaborado deve contemplar com bastantes detalhes e notas as informações acima. Devem ser muito bem indicadas as áreas com suas respectivas utilizações (depósitos, jardins, terraços, casa de máquinas etc.). Há uma tendência de os projetos arquitetônicos trabalharem sem o desenho dos revestimentos, citando-os apenas em notas, isso para que os projetistas não incorram em dúvidas ou erros sobre dimensões de alvenarias e revestimentos.

A próxima etapa refere-se ao levantamento das cargas do projeto, tendo como base o projeto arquitetônico e as tabelas de carregamentos da norma NBR 6120/80. Com esses elementos, é possível partir para a concepção estrutural, em que são definidos o método construtivo (estrutura metálica de concreto armado ou mista), a quantidade e o posicionamento dos pilares. O próximo passo é a elaboração da pré-forma para verificações das tensões e deformações, e também para a apreciação e os comentários do cliente e do arquiteto.

De posse das pré-formas devidamente aprovadas, temos condições de produzir as formas definitivas, e então dimensionar e detalhar todos os elementos da estrutura, como: blocos de fundação ou sapatas, vigas baldrame, lajes, pilares, vigas e outros.

Para finalizar, ressaltamos que para obras pequenas e simples vale a boa e velha prática construtiva. Para executar lajes treliçadas, recomendamos a larga utilização das tabelas práticas contidas neste manual, desde que observados os cuidados que o método exige.

Para a composição dos carregamentos, é adotada a seguinte divisão entre as cargas: permanente (peso próprio da estrutura, peso dos elementos construtivos fixos e das instalações) e acidental (aquela que pode atuar na estrutura, dependendo da finalidade [móveis, materiais diversos, veículos, pessoas etc.]).

Considera-se que esta última atua verticalmente nos pisos das construções e é distribuída uniformemente. A seguir, anexamos as tabelas de cargas acidentais da NBR 6120.

# Projeto e Carregamentos

| Local                        |   | Carga kgf/m <sup>2</sup> |
|------------------------------|---|--------------------------|
| 1) Arquibancadas             |   | 400                      |
| 2) Balcões                   | (ver NBR 6120)  | -                        |
| 3) Bancos                    | Escritórios e banheiros   | 200                      |
|                              | Salas de diretoria e gerência   | 150                      |
| 4) Bibliotecas               | Sala de leitura   | 200                      |
|                              | Sala para depósito de livros  | 400                      |
|                              | Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 250 kgf por metro de altura, observando, porém, o valor mínimo de | 600                      |
| 5) Casa de máquinas          | (Incluindo o peso das máquinas)<br>A ser determinada em cada caso, porém com o valor mínimo de                                  | 750                      |
| 6) Cinemas                   | Plateia com assentos fixos  | 300                      |
|                              | Estúdio e plateia com assentos móveis   | 400                      |
|                              | Banheiro  | 200                      |
| 7) Clubes                    | Sala de refeições e da assembleia com assentos fixos  | 300                      |
|                              | Sala de assembleia com assentos móveis  | 400                      |
|                              | Salão de danças e salão de esportes   | 500                      |
|                              | Salão de bilhar e banheiro  | 200                      |
| 8) Corredores                | Com acesso ao público   | 300                      |
|                              | Sem acesso ao público   | 200                      |
| 9) Cozinhas Não residenciais | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de   | 300                      |
| 10) Depósitos                | (ver NBR 6120)  |                          |
| 11) Edifícios                | Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro   | 150                      |
|                              | Dispensa, área de serviço e lavanderia  | 200                      |
| 12) Escadas                  | Com acesso ao público   | 300                      |
|                              | Sem acesso ao público (ver NBR 6120)  | 250                      |
| 13) Escolas                  | Anfiteatros com assentos fixos, corredor e sala de aula   | 300                      |
|                              | Outras salas  | 200                      |
| 14) Forros                   | Sem acesso às pessoas   | 50                       |
| 15) Galerias de arte         | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de   | 300                      |

# Projeto e Carregamentos

| Local                        |  | Carga kgf/m <sup>2</sup> |
|------------------------------|--|--------------------------|
| 16) Galerias de lojas        | A ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de  | 300                      |
| 17) Garagens Estacionamentos | e veículos de passageiros ou semelhantes, com carga máxima de 2.500 kgf/m <sup>2</sup>                                   | 300                      |
| 18) Ginásio de esportes      |  | 500                      |
| 19) Hospitais                | Dormitórios, enfermarias, sala de recuperação, sala de cirurgia, sala de raios X e banheiro                              | 200                      |
|                              | Corredor   | 300                      |
| 20) Laboratórios             | Incluindo equipamentos, a ser determinada em cada caso, porém com o mínimo de  |                          |
| 21) Lavanderias              | Incluindo equipamentos   | 300                      |
| 22) Lojas                    |  | 400                      |
| 23) Restaurantes             |  | 300                      |
| 24) Teatros                  | Palco  | 500                      |
|                              | Demais dependências:   |                          |
|                              | cargas iguais às especificadas para cinemas  | -                        |
| 25) Terraços                 | Sem acesso ao público  | 200                      |
|                              | Com acesso ao público  | 300                      |
|                              | Inacessível a pessoas  | 50                       |
|                              | Destinados a helipontos elevados:<br>as cargas deverão ser fornecidas pelo órgão competente do Ministério da Aeronáutica |                          |
| 26) Vestíbulo                | Sem acesso ao público  | 150                      |
|                              | Com acesso ao público  |                          |

Quando houver paredes ou divisórias no meio das lajes treliças, deverá ser observada a posição destas em relação às vigotas.

# Projeto e Carregamentos

Outro caso que a norma prevê são as situações não experimentais, ou seja, os materiais que constituem os revestimentos devem ser somados ao peso próprio e às cargas acidentais, mas devemos separá-las devido às variações de aplicações e tipos de materiais. Para isso a NBR 6120 fornece a tabela a seguir:

## Peso Específico dos Materiais de Construção

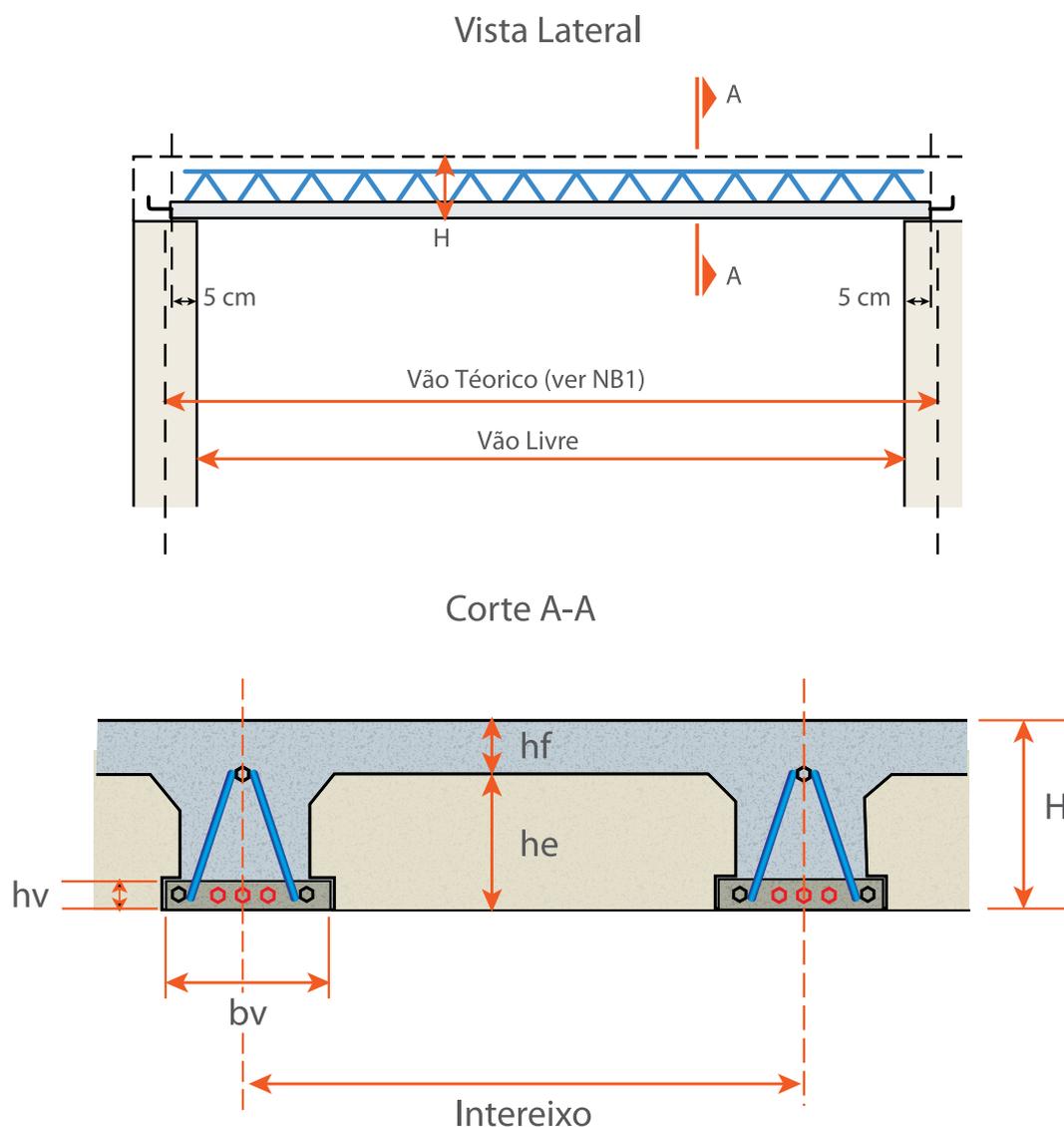
| Materiais             |                                   | Peso específico aparente kgf/m <sup>3</sup> |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| 1) Rochas             | Arenito                           | 2600  |
|                       | Basalto                           | 3000  |
|                       | Gneiss                            | 3000  |
|                       | Mármore e calcário                | 2800  |
| 2) Blocos artificiais | Blocos de argamassa               | 2200  |
|                       | Cimento amianto                   | 2000  |
|                       | Lajotas cerâmicas                 | 1800  |
|                       | Tijolos furados                   | 1300  |
|                       | Tijolos maciços                   | 1800  |
|                       | Tijolos cilíndrico-calcários      | 2000  |
| 3) Revestimentos      | Argamassa de cal, cimento e areia | 1900  |
|                       | Argamassa de cimento e areia      | 2100  |
|                       | Argamassa de gesso                | 1200  |
|                       | Concreto simples                  | 2400  |
|                       | Concreto armado                   | 2500  |
| 4) Madeiras           | Pinho, cedro                      | 500   |
|                       | Louro, imbuia, pau-óleo           | 650   |
|                       | Guajuvirá, guatambu, grápia       | 800   |
|                       | Angico, cabriúva, ipê-rosa        | 1000  |
| 5) Metais             | Aço                               | 7850  |
|                       | Alumínio e ligas                  | 2800  |
|                       | Bronze                            | 8500  |
|                       | Chumbo                            | 11400                                       |
|                       | Cobre                             | 8900  |
|                       | Ferro fundido                     | 7250  |
|                       | Estanho                           | 7400  |
|                       | Latão                             | 8500  |
| Zinco                 | 7200                              |   |
| 6) Materiais diversos | Alcatrão                          | 1200  |
|                       | Asfalto                           | 1300  |
|                       | Borracha                          | 1700  |
|                       | Papel                             | 1500  |
|                       | Plástico em folhas                | 2100  |
|                       | Vidro plano                       | 2600  |

# Tabelas de Armaduras Adicionais

As tabelas a seguir irão fornecer as quantidades de armadura positivas a serem embutidas nas bases das vigotas treliçadas e também o valor do peso próprio da laje para cada geometria.

Elas foram elaboradas levando-se em conta as situações mais comuns do dia a dia, e poderão ser utilizadas com segurança desde que as condições de geometrias, carregamentos e materiais empregados sejam bem observadas nas respectivas tabelas e nas informações a seguir:

## Geometria:



- H – Altura total da laje
- $h_f$  – Altura da capa de concreto da laje
- $h_e$  – Altura do enchimento
- $b_v$  – Largura da base da vigota
- $h_v$  – Altura da base da vigota

# Tabelas de Armaduras Adicionais

## Materiais Utilizados:

A) Concreto:  $f_{ck} > 20 \text{ Mpa}$  ( $200 \text{ kgf/cm}^2$ )

B) Armação adicional em aço CA 60 ( $f_{yk} = 600 \text{ Mpa}$ ) =  $60 \text{ kgf/mm}^2$

$\varnothing = 4,2 \text{ mm}$   $\varnothing = 5,0 \text{ mm}$   $\varnothing = 6,0 \text{ mm}$   $\varnothing = 8,0 \text{ mm}$

C) Armação adicional em aço CA 50 ( $f_{yk} = 500 \text{ Mpa}$ ) =  $50 \text{ kgf/mm}^2$

$\varnothing = 6,3 \text{ mm}$   $\varnothing = 5/16 \text{ ''}$   $\varnothing = 10,0 \text{ mm}$   $\varnothing = 12,5 \text{ mm}$

D) Elemento de enchimento: cerâmico =  $600 \text{ kgf/m}^3$  e EPS =  $12$  a  $25 \text{ kgf/m}^3$

## Cargas Acidentais:

Valores extraídos das tabelas de carregamentos das páginas 16 a 19 deste manual (NBR 6120).

## Cargas Permanentes:

O valor do peso próprio da laje é apresentado para cada tabela, o valor do revestimento é de  $30 \text{ Kgf/m}^2$  e o contra-piso é de  $50 \text{ Kgf/m}^2$ .

Obs: O contra-piso é considerado nas tabelas apenas para cargas acidentais maiores do que  $100 \text{ Kgf/m}^2$ .

## Combinação para cálculo da flecha:

Para o cálculo da flecha, o coeficiente para combinações quase permanentes é de 0,3 para cargas acidentais até  $200 \text{ Kgf/m}^2$ .

Para cargas acidentais maiores do que  $200 \text{ Kgf/m}^2$  e até  $400 \text{ Kgf/m}^2$  o coeficiente é de 0,4.

O coeficiente é de 0,6 para cargas maiores do que  $400 \text{ Kgf/m}^2$ . |

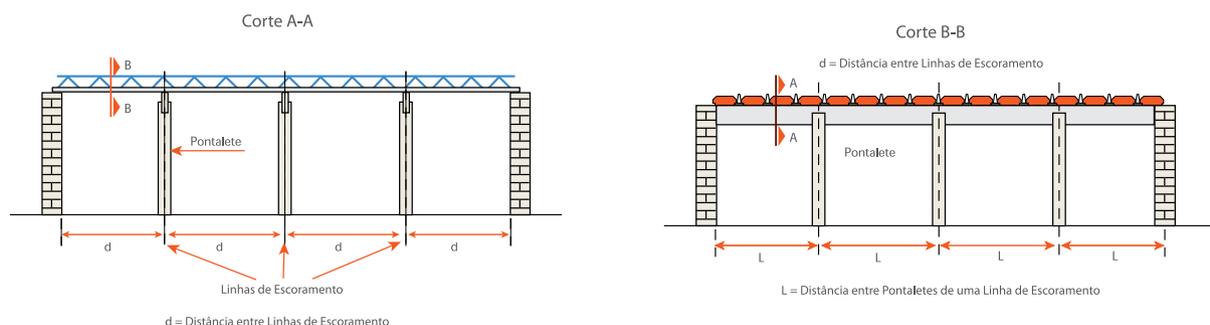
Outras combinações, utilize o Software Treliças Belgo.

## Condição Estrutural:

Lajes unidirecionais com apoio simples.

## Escoramento:

Outro resultado importante fornecido pelas tabelas são as distâncias entre os pontaletes nas duas direções: entre as linhas de escoras e entre os pontaletes da mesma linha de escora. Nesse cálculo foi considerado o peso próprio da laje adicionado ao peso do concreto moldado no local. Foram consideradas também duas cargas adicionais: uma distribuída no valor de  $100 \text{ kgf/m}^2$ , simulando a presença do pessoal que faz a concretagem, e uma concentrada de  $80 \text{ kgf}$ , simulando a movimentação das carrinhas e gericas sobre a laje. As duas situações são analisadas separadamente, mas o valor adotado é o maior.



Observação: o dimensionamento da distância ( $L$ ) entre os pontaletes nesta direção será em função dos materiais utilizados no escoramento (metálico ou madeira).

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco Cermico (Altura = 7 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,10 m

| Vão livre (m) | Modelo | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de               | Peso próprio          | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|---------------|--------|------------|----------------|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|               | TB 8L  | TR08644    | 11 cm          | 4 cm        | 53 litros/m <sup>2</sup> | 176 Kg/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |
|               | 1.20   |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 1.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               |
| 1.60          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               |                       |
| 1.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               |
| 2.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               |
| 2.20          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               |
| 2.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 1 Ø 10,0              |
| 2.60          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               |
| 2.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 1 Ø 6,0               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 12,5              |
| 3.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 3 Ø 5/16              |
| 3.20          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              |
| 3.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              | 3 Ø 5/16              |
| 3.60          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 2 Ø 5,0               | 1 Ø 5/16              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              | 2 Ø 10,0              |
| 3.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              |                       |                       |
| 4.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       | 4 Ø 4,2               | 3 Ø 5,0               |                       |                       |                       |                       |

Capa

Tela Belgo Q61

Tela Belgo Q75

Tela Belgo Q92

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco Cerâmico (Altura = 12 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,40 m

| Vão livre (m) | Modelo | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de               | Peso próprio          | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|---------------|--------|------------|----------------|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|               | TB 12M | TR12645    | 16 cm          | 4 cm        | 66 litros/m <sup>2</sup> | 229 Kg/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |
|               | 2.60   |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 2.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 3.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 3.20          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 3.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 3.60          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 3.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 4.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 4.20          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 4.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 4.60          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 4.80          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 5.00          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 5.20          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| 5.40          |        |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |

Capa

Tela Belgo Q61

Tela Belgo Q75

Tela Belgo Q92

- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Sem armadura adicional
- Contraflecha = 1,5 cm
- Contraflecha = 1,0 cm
- Contraflecha = 2,0 cm

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco EPS (Altura = 12 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,50 m

| Vão livre (m) | Modelo         | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de concreto      | Peso próprio          | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
|---------------|----------------|------------|----------------|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
|               | TB 12M         | TR12645    | 16 cm          | 4 cm        | 56 litros/m <sup>3</sup> | 157 Kg/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |          |
|               | 3.00           |            |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 3 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2  |
| 3.20          |                |            |                |             |                          |                       |                                      |                       | 1 Ø 4,2               | 1 Ø 5,0               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 3 Ø 5,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0  |
| 3.40          |                | 1 Ø 4,2    | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 4,2     | 2 Ø 5,0                  | 3 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2                              | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 3 Ø 6,0               | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5 |
| 3.60          |                | 1 Ø 4,2    | 2 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0     | 3 Ø 4,2                  | 4 Ø 4,2               | 3 Ø 5,0                              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 3 Ø 6,0               | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5 |
| 3.80          | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 4,2    | 2 Ø 5,0        | 3 Ø 4,2     | 4 Ø 4,2                  | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0                              | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16 |
| 4.00          | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 5,0    | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2     | 1 Ø 10,0                 | 4 Ø 5,0               | 2 Ø 5/16                             | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0  |
| 4.20          | 1 Ø 4,2        | 2 Ø 4,2    | 4 Ø 4,2        | 3 Ø 5,0     | 4 Ø 5,0                  | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5                             | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16 |
| 4.40          | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 5,0    | 2 Ø 6,0        | 4 Ø 5,0     | 2 Ø 5/16                 | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0                              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 10,0 |
| 4.60          | 2 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0    | 1 Ø 10,0       | 2 Ø 5/16    | 1 Ø 12,5                 | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0 |
| 4.80          | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2    | 4 Ø 5,0        | 1 Ø 12,5    | 4 Ø 6,0                  | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0 |
| 5.00          | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2    | 3 Ø 6,0        | 1 Ø 12,5    | 3 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 5.20          | 3 Ø 4,2        | 3 Ø 5,0    | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 6,0     | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 5.40          | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 5,0    | 4 Ø 6,0        |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 5.60          | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 5,0    |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 5.80          | 1 Ø 10,0       | 2 Ø 5/16   |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| Capa          | Tela Belgo Q61 |            |                |             | Tela Belgo Q75           |                       |                                      |                       | Tela Belgo Q92        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco EPS (Altura = 16 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,70 m

| Vão livre (m) | Modelo         | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de concreto      | Peso próprio          | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
|---------------|----------------|------------|----------------|-------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
|               | TB 16L         | TR16745    | 20 cm          | 4 cm        | 63 litros/m <sup>3</sup> | 175 Kg/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |          |
|               | 4.00           |            |                |             |                          |                       |                                      |                       | 1 Ø 4,2               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 3 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 6,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5 |
| 4.20          | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 4,2    | 2 Ø 5,0        | 3 Ø 4,2     | 4 Ø 4,2                  | 3 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0                              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0  |
| 4.40          | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 5,0    | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2     | 3 Ø 5,0                  | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0                              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 2 Ø 10,0 |
| 4.60          | 1 Ø 4,2        | 2 Ø 4,2    | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 4,2     | 4 Ø 5,0                  | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5                             | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 4.80          | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 5,0    | 4 Ø 4,2        | 1 Ø 10,0    | 4 Ø 5,0                  | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5                             | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 5.00          | 2 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0    | 1 Ø 10,0       | 4 Ø 5,0     | 1 Ø 12,5                 | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0                              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0 |
| 5.20          | 2 Ø 4,2        | 3 Ø 4,2    | 4 Ø 5,0        | 2 Ø 5/16    | 1 Ø 12,5                 | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0 |
| 5.40          | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2    | 4 Ø 5,0        | 1 Ø 12,5    | 4 Ø 6,0                  | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 10,0 |
| 5.60          | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2    | 1 Ø 12,5       | 1 Ø 12,5    | 3 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 10,0 |
| 5.80          | 4 Ø 4,2        | 1 Ø 10,0   | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 6,0     | 2 Ø 10,0                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 10,0 |
| 6.00          | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 5,0    | 4 Ø 6,0        | 3 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 10,0 |
| 6.20          | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 5,0    | 3 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 10,0 |
| 6.40          | 1 Ø 10,0       | 2 Ø 5/16   | 3 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 6.60          | 4 Ø 5,0        | 1 Ø 12,5   |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 6.80          | 4 Ø 5,0        | 1 Ø 12,5   |                |             |                          |                       |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| Capa          | Tela Belgo Q61 |            |                |             | Tela Belgo Q75           |                       |                                      |                       | Tela Belgo Q92        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |

- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Sem armadura adicional
- Contraflecha = 1,5 cm
- Contraflecha = 1,0 cm
- Contraflecha = 2,0 cm

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco EPS (Altura = 20 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,60 m

| Vão livre (m) | Modelo   | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de concreto      | Peso próprio           | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
|---------------|----------|------------|----------------|-------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
|               | TB 20L   | TR20745    | 25 cm          | 5 cm        | 80 litros/m <sup>2</sup> | 217 Kgf/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |          |
|               | 3.50     |            |                | 1 Ø 4,2     | 1 Ø 4,2                  | 1 Ø 4,2                | 1 Ø 5,0                              | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2  |
| 3.80          |          |            | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 5,0     | 2 Ø 4,2                  | 2 Ø 4,2                | 2 Ø 5,0                              | 2 Ø 5,0               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 6,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 6,0               | 2 Ø 6,0               | 1 Ø 10,0 |
| 4.10          |          | 1 Ø 4,2    | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 4,2     | 2 Ø 5,0                  | 2 Ø 5,0                | 4 Ø 4,2                              | 4 Ø 4,2               | 3 Ø 5,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 10,0              | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0  |
| 4.40          | 1 Ø 4,2  | 1 Ø 4,2    | 2 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0     | 4 Ø 4,2                  | 4 Ø 4,2                | 3 Ø 5,0                              | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 2 Ø 5/16              | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5 |
| 4.70          | 1 Ø 4,2  | 1 Ø 5,0    | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2     | 4 Ø 4,2                  | 1 Ø 10,0               | 4 Ø 5,0                              | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16 |
| 5.00          | 1 Ø 5,0  | 2 Ø 4,2    | 4 Ø 4,2        | 2 Ø 6,0     | 4 Ø 5,0                  | 4 Ø 5,0                | 1 Ø 12,5                             | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 5.30          | 2 Ø 4,2  | 2 Ø 5,0    | 3 Ø 5,0        | 4 Ø 5,0     | 2 Ø 5/16                 | 1 Ø 12,5               | 1 Ø 12,5                             | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 5.60          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2    | 4 Ø 5,0        | 2 Ø 5/16    | 1 Ø 12,5                 | 4 Ø 6,0                | 3 Ø 5/16                             | 2 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0 |
| 5.90          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2    | 2 Ø 5/16       | 1 Ø 12,5    | 4 Ø 6,0                  | 3 Ø 5/16               | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 6.20          | 4 Ø 4,2  | 1 Ø 10,0   | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 6,0     | 3 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16               | 4 Ø 5/16                             | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 2 Ø 12,5              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 2 Ø 12,5              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 6.50          | 4 Ø 4,2  | 4 Ø 5,0    | 4 Ø 6,0        | 3 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16               | 3 Ø 10,0                             | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 6.80          | 1 Ø 10,0 | 2 Ø 5/16   | 3 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 3 Ø 10,0               | 3 Ø 10,0                             | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 7.10          | 4 Ø 5,0  | 1 Ø 12,5   | 4 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 3 Ø 10,0                 | 3 Ø 10,0               | 4 Ø 10,0                             |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 7.40          | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,0    |                |             |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 7.70          | 1 Ø 12,5 | 3 Ø 5/16   |                |             |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |

Capa

Tela Belgo Q75

Tela Belgo Q92

Tela Belgo Q113

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco EPS (Altura = 25 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,70 m

| Vão livre (m) | Modelo   | Designação | Altura da laje | Altura capa | Consumo de concreto      | Peso próprio           | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
|---------------|----------|------------|----------------|-------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
|               | TB 25M   | TR25856    | 30 cm          | 5 cm        | 88 litros/m <sup>2</sup> | 238 Kgf/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |          |
|               | 4.50     |            |                | 1 Ø 4,2     | 1 Ø 4,2                  | 1 Ø 5,0                | 2 Ø 4,2                              | 2 Ø 5,0               | 2 Ø 5,0               | 3 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 10,0 |
| 4.80          |          |            | 1 Ø 4,2        | 1 Ø 5,0     | 2 Ø 4,2                  | 2 Ø 5,0                | 3 Ø 4,2                              | 4 Ø 4,2               | 4 Ø 4,2               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0  |
| 5.10          |          | 1 Ø 4,2    | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 4,2     | 2 Ø 5,0                  | 4 Ø 4,2                | 4 Ø 4,2                              | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5 |
| 5.40          |          | 1 Ø 4,2    | 2 Ø 5,0        | 2 Ø 5,0     | 4 Ø 4,2                  | 2 Ø 6,0                | 4 Ø 5,0                              | 4 Ø 5,0               | 3 Ø 6,0               | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0               | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 4 Ø 6,0  |
| 5.70          | 1 Ø 4,2  | 1 Ø 5,0    | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2     | 3 Ø 5,0                  | 4 Ø 5,0                | 2 Ø 5/16                             | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 6.00          | 1 Ø 5,0  | 2 Ø 4,2    | 4 Ø 4,2        | 1 Ø 10,0    | 4 Ø 5,0                  | 2 Ø 5/16               | 1 Ø 12,5                             | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 2 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 2 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16 |
| 6.30          | 2 Ø 4,2  | 2 Ø 5,0    | 3 Ø 5,0        | 4 Ø 5,0     | 3 Ø 6,0                  | 1 Ø 12,5               | 4 Ø 6,0                              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0 |
| 6.60          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2    | 4 Ø 5,0        | 2 Ø 5/16    | 1 Ø 12,5                 | 4 Ø 6,0                | 3 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 2 Ø 12,5              | 2 Ø 12,5 |
| 6.90          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2    | 2 Ø 5/16       | 1 Ø 12,5    | 4 Ø 6,0                  | 2 Ø 10,0               | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 7.20          | 4 Ø 4,2  | 1 Ø 10,0   | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 6,0     | 2 Ø 10,0                 | 4 Ø 5/16               | 4 Ø 5/16                             | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 7.50          | 4 Ø 4,2  | 4 Ø 5,0    | 4 Ø 6,0        | 3 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16               | 3 Ø 10,0                             | 2 Ø 12,5              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0 |
| 7.80          | 1 Ø 10,0 | 2 Ø 5/16   | 3 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 3 Ø 10,0               | 2 Ø 12,5                             | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 8.10          | 4 Ø 5,0  | 1 Ø 12,5   | 4 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 3 Ø 10,0                 | 2 Ø 12,5               | 4 Ø 10,0                             | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 8.40          | 2 Ø 5/16 | 4 Ø 6,0    | 4 Ø 5/16       |             |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |
| 8.70          | 1 Ø 12,5 | 3 Ø 5/16   |                |             |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |          |

Capa

Tela Belgo Q75

Tela Belgo Q92

Tela Belgo Q113

- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Sem armadura adicional
- Contraflecha = 1,5 cm
- Contraflecha = 1,5 cm
- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Contraflecha = 1,0 cm
- Contraflecha = 2,0 cm
- Contra flecha = 3,0 cm

## Tabela de armaduras adicionais

Enchimento = Bloco EPS (Altura = 30 cm) - Distância entre linhas de escoras = 1,50 m

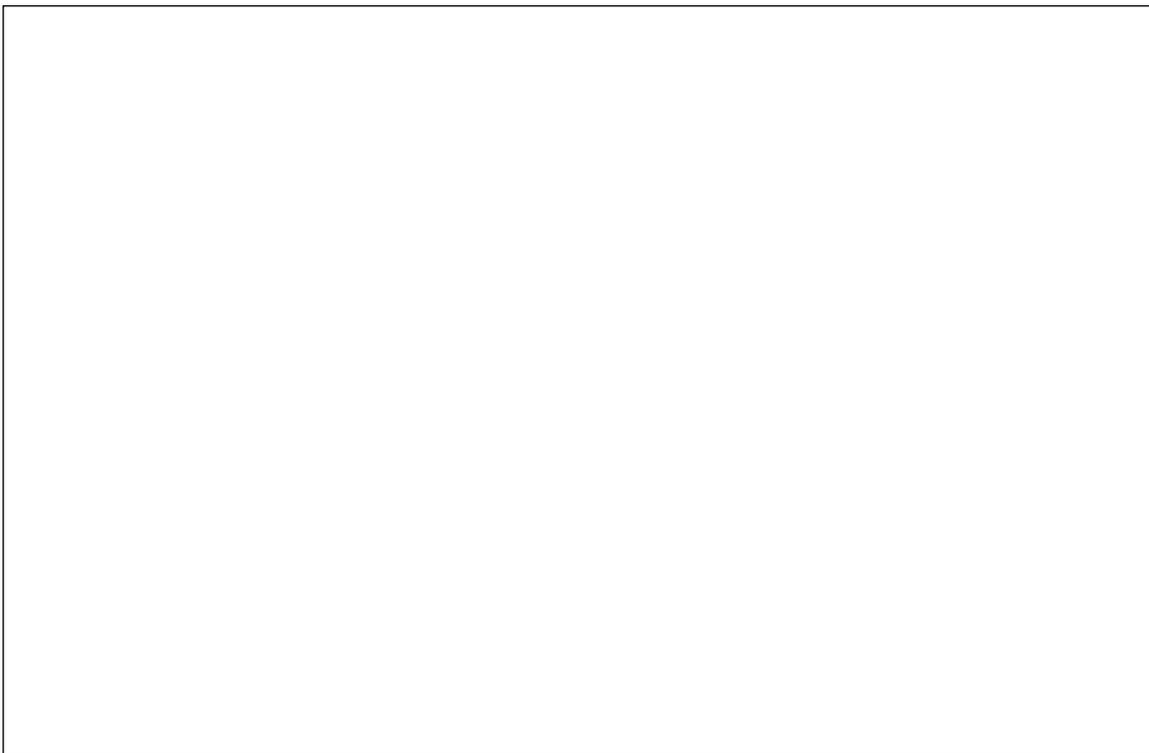
| vão livre (m) | Modelo   | Designação     | Altura da laje | Altura capa | Consumo de concreto      | Peso próprio           | Cargas acidentais kgf/m <sup>2</sup> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
|---------------|----------|----------------|----------------|-------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
|               | TB 30M   | TR30856        | 35 cm          | 5 cm        | 97 litros/m <sup>2</sup> | 259 Kgf/m <sup>2</sup> | 50 Kg/m <sup>2</sup>                 | 100 Kg/m <sup>2</sup> | 150 Kg/m <sup>2</sup> | 200 Kg/m <sup>2</sup> | 250 Kg/m <sup>2</sup> | 300 Kg/m <sup>2</sup> | 350 Kg/m <sup>2</sup> | 400 Kg/m <sup>2</sup> | 450 Kg/m <sup>2</sup> | 500 Kg/m <sup>2</sup> | 550 Kg/m <sup>2</sup> | 600 Kg/m <sup>2</sup> |  |
|               | 5.20     |                |                | 1 Ø 4,2     | 2 Ø 4,2                  | 2 Ø 4,2                | 2 Ø 5,0                              | 1 Ø 5/16              | 4 Ø 4,2               | 2 Ø 6,0               | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 5.50          |          | 1 Ø 4,2        | 2 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0     | 2 Ø 5,0                  | 4 Ø 4,2                | 4 Ø 4,2                              | 1 Ø 10,0              | 4 Ø 5,0               | 4 Ø 5,0               | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 5.80          | 1 Ø 4,2  | 1 Ø 4,2        | 2 Ø 5,0        | 2 Ø 5,0     | 4 Ø 4,2                  | 3 Ø 5,0                | 4 Ø 5,0                              | 4 Ø 5,0               | 2 Ø 5/16              | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 2 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |  |
| 6.10          | 1 Ø 4,2  | 1 Ø 5,0        | 2 Ø 5,0        | 4 Ø 4,2     | 3 Ø 5,0                  | 4 Ø 5,0                | 2 Ø 5/16                             | 1 Ø 12,5              | 1 Ø 12,5              | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              |                       |                       |                       |                       |  |
| 6.40          | 1 Ø 5,0  | 2 Ø 4,2        | 4 Ø 4,2        | 1 Ø 10,0    | 4 Ø 5,0                  | 2 Ø 5/16               | 1 Ø 12,5                             | 4 Ø 6,0               | 3 Ø 5/16              | 3 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              |                       |                       |                       |                       |  |
| 6.70          | 2 Ø 4,2  | 2 Ø 5,0        | 3 Ø 5,0        | 4 Ø 5,0     | 2 Ø 5/16                 | 1 Ø 12,5               | 4 Ø 6,0                              | 3 Ø 5/16              | 2 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |  |
| 7.00          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2        | 4 Ø 5,0        | 2 Ø 5/16    | 1 Ø 12,5                 | 4 Ø 6,0                | 3 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              |                       |                       |                       |                       |  |
| 7.30          | 2 Ø 5,0  | 4 Ø 4,2        | 2 Ø 5/16       | 1 Ø 12,5    | 4 Ø 6,0                  | 3 Ø 5/16               | 4 Ø 5/16                             | 4 Ø 5/16              | 4 Ø 5/16              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |  |
| 7.60          | 4 Ø 4,2  | 1 Ø 10,0       | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 6,0     | 3 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16               | 4 Ø 5/16                             | 3 Ø 10,0              | 3 Ø 10,0              | 2 Ø 12,5              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |  |
| 7.90          | 4 Ø 4,2  | 4 Ø 5,0        | 4 Ø 6,0        | 3 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 4 Ø 5/16               | 3 Ø 10,0                             | 3 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |  |
| 8.20          | 1 Ø 10,0 | 2 Ø 5/16       | 3 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 3 Ø 10,0               | 3 Ø 10,0                             | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 3 Ø 12,5              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 8.50          | 4 Ø 5,0  | 1 Ø 12,5       | 2 Ø 10,0       | 4 Ø 5/16    | 4 Ø 5/16                 | 3 Ø 10,0               | 4 Ø 10,0                             | 4 Ø 10,0              | 4 Ø 10,0              | 3 Ø 12,5              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 8.80          | 2 Ø 5/16 | 1 Ø 12,5       | 4 Ø 5/16       | 4 Ø 5/16    | 3 Ø 10,0                 | 4 Ø 10,0               | 4 Ø 10,0                             | 4 Ø 10,0              |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 9.10          | 1 Ø 12,5 | 4 Ø 6,0        | 4 Ø 5/16       | 3 Ø 10,0    |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| 9.40          | 1 Ø 12,5 | 3 Ø 5/16       |                |             |                          |                        |                                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |
| Capa          |          | Tela Belgo Q75 |                |             |                          | Tela Belgo Q92         |                                      |                       |                       | Tela Belgo Q113       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |  |

- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Sem armadura adicional
- Contraflecha = 1,5 cm
- Contraflecha = 1,5 cm
- Laje não ok! Consultar próxima tabela
- Contraflecha = 1,0 cm
- Contraflecha = 2,0 cm
- Contraflecha = 3,0 cm

# Obras de referência



Shopping Center da Tijuca, Rio de Janeiro, Pré-laje 25 Trelçada com EPS.

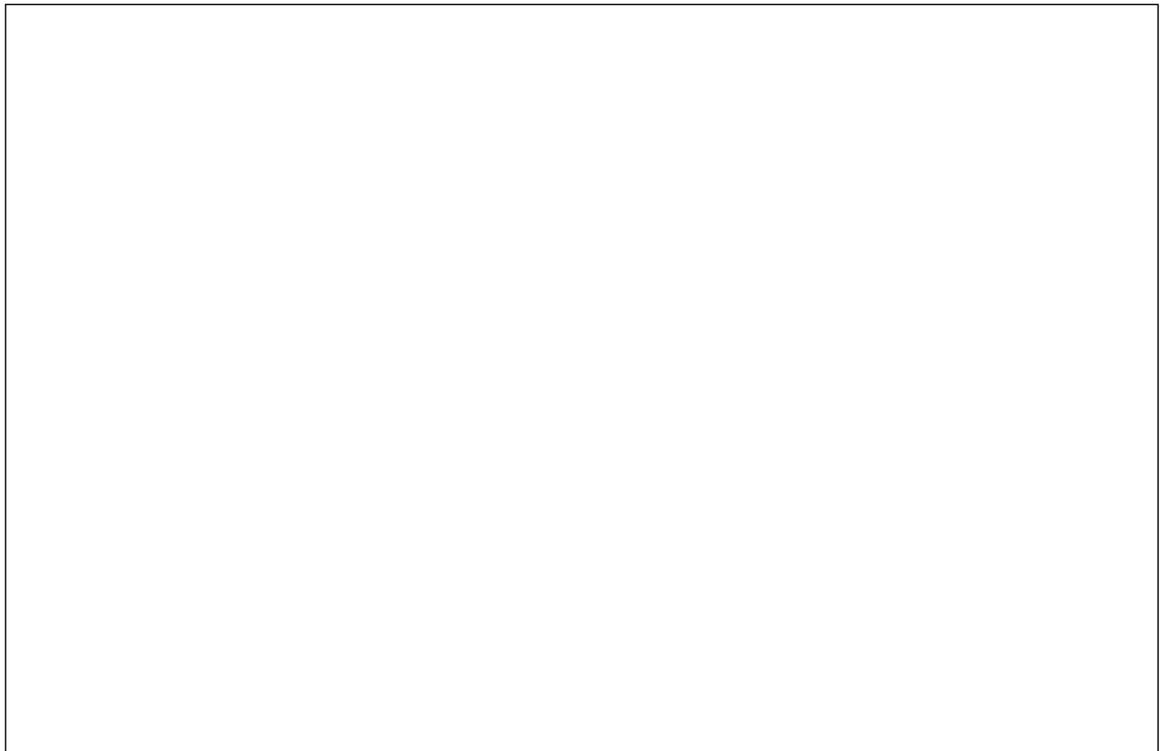


Linha Amarela, Rio de Janeiro, Pré-laje Trelçada Autoportante maciça.

# Obras de referência

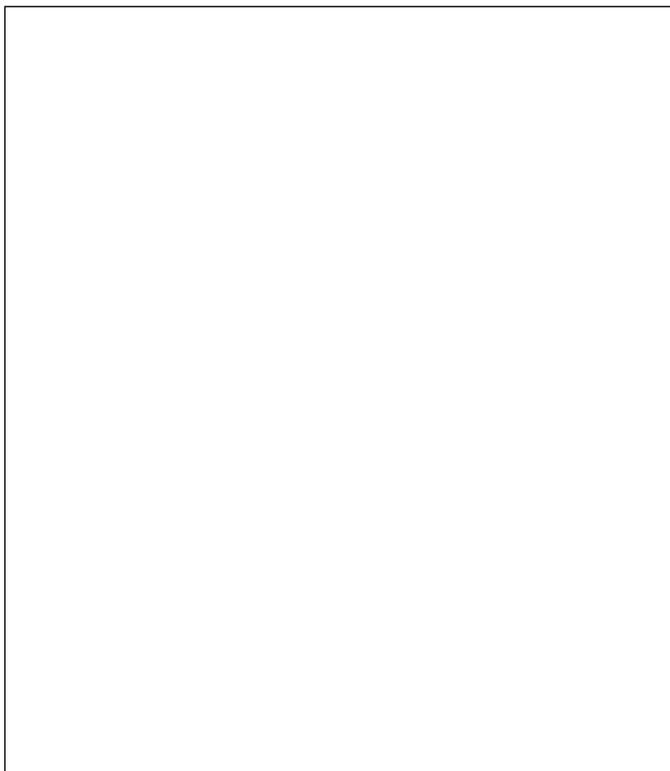


Linha Verde, 16 pontes ligando Bahia e Sergipe, Pré-laje Trelaçada 25 Autoportante.

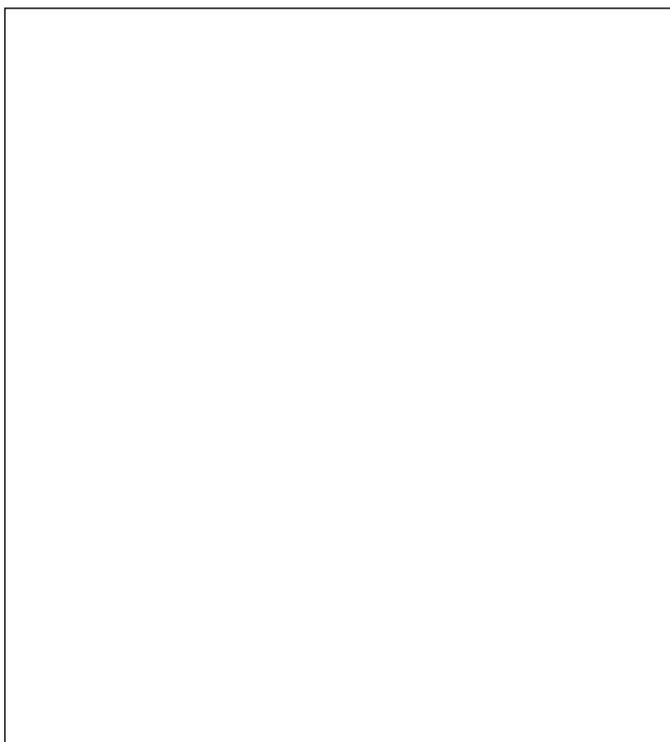


Shopping Center Plaza Forte Recife, Laje Trelaçada com EPS.

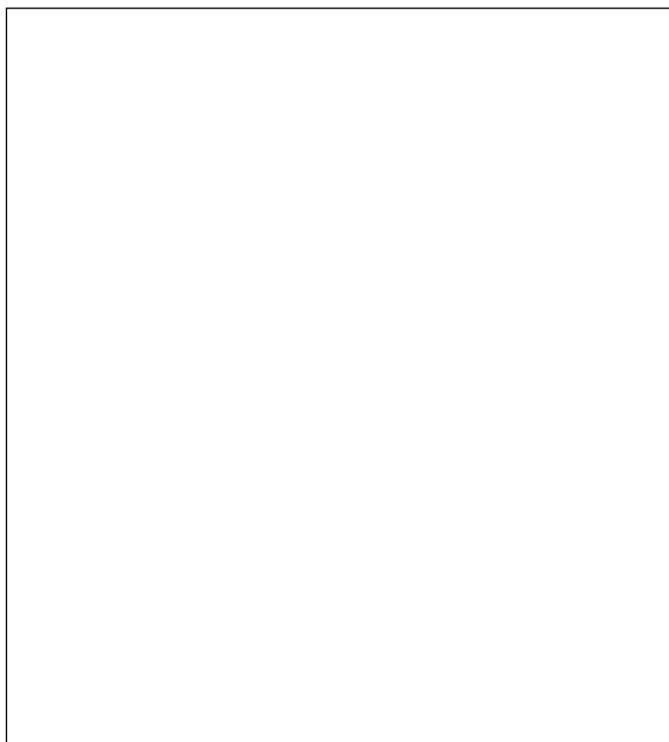
# Obras de referência



UNIP unidade Santana, Pré-laje Trelaçada 25 maciça, saguão principal.



Edifício Comercial, Laje Trelaçada com EPS e Nervuras de Travamento.



Edifício Comercial, Laje Trelaçada com EPS, estrutura plana (vigas embutidas na laje).

# Execução

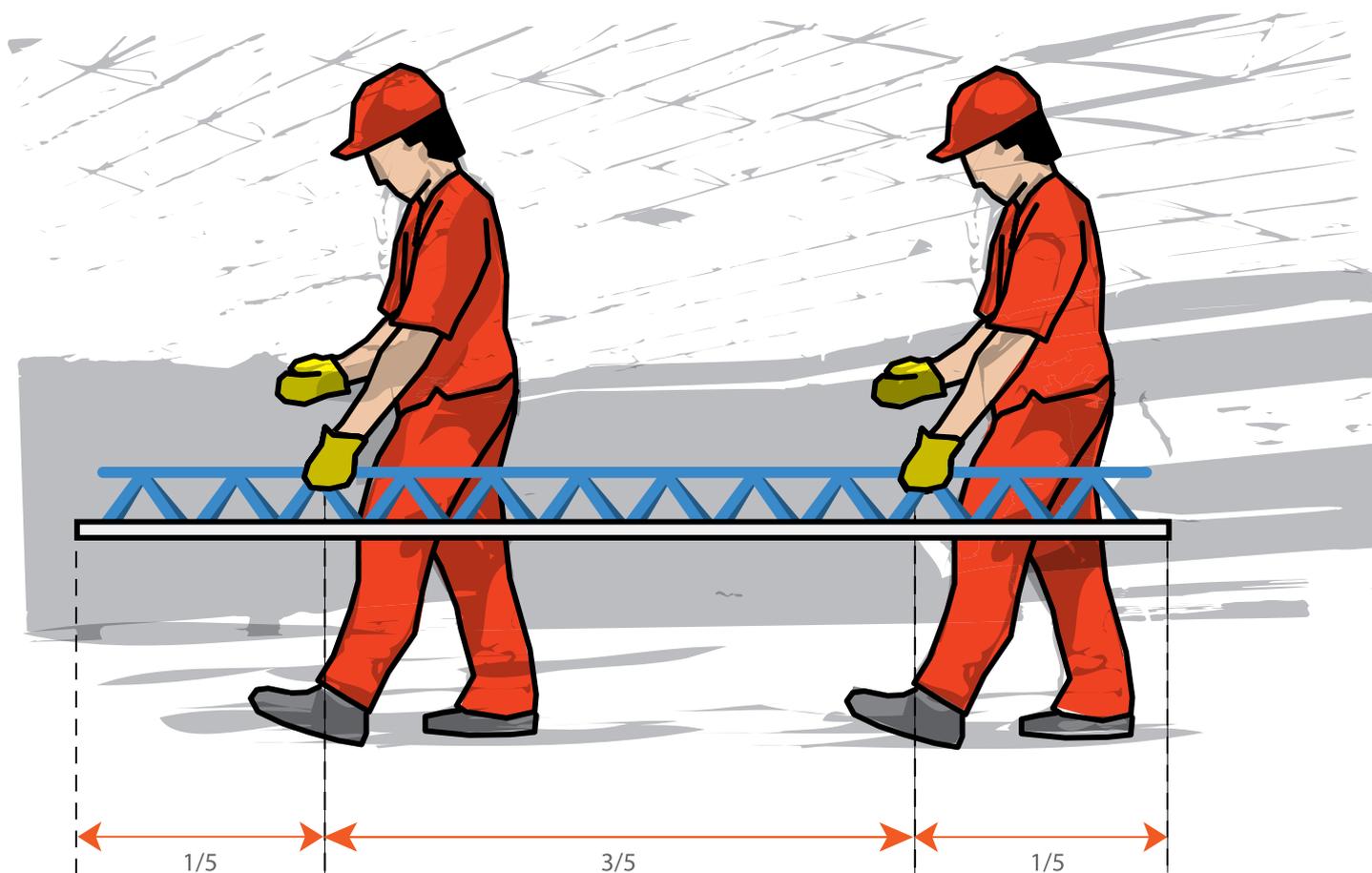
Nesta seção, mencionaremos os detalhes essenciais para a execução de obras com lajes treliçadas a partir do transporte e manuseio das vigotas ou pré-lajes até a retirada das escoras.

## (a) Transporte e Manuseio:

No transporte, o posicionamento dos pontos de içamento das vigotas é fundamental para garantir a integridade dos fios superiores, pois são eles que irão garantir a autoportância ao sistema. É, portanto, desaconselhável transportar as vigotas pela extremidade.

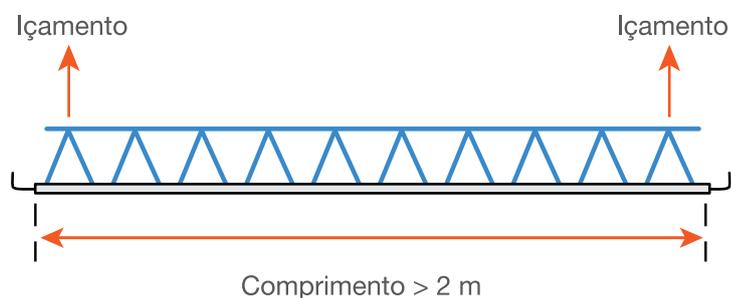
O ideal é transportá-las de maneira que o içamento seja feito em dois pontos a  $1/5$  do vão a partir da extremidade, ou em três pontos, sendo um no meio do vão e outros dois também a  $1/5$  do vão, a partir da extremidade.

Outro cuidado é posicionar o içamento no encontro entre as diagonais e os fios superiores.

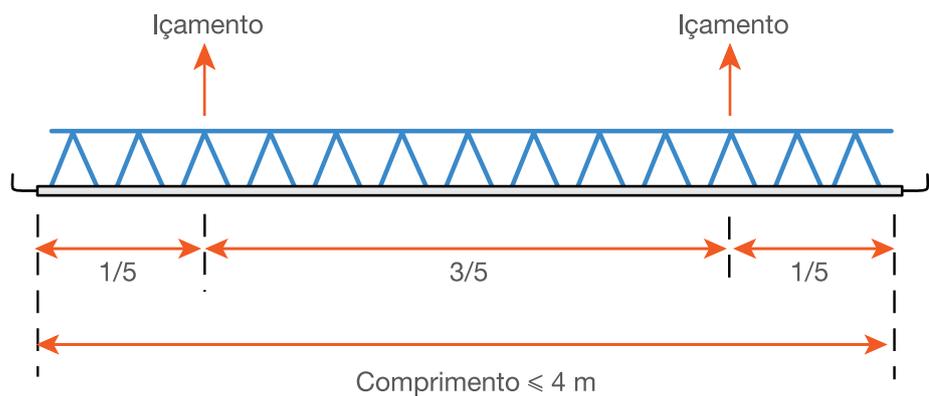


# Execução

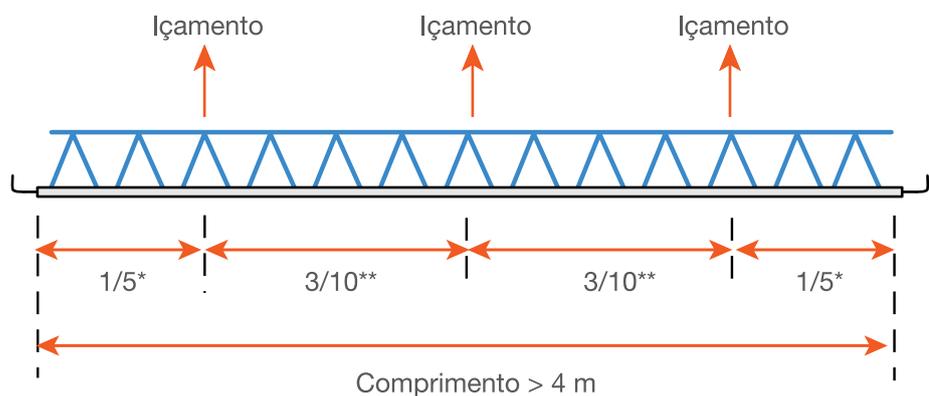
Situação não recomendada para comprimentos maiores que 2 metros



Situação recomendada para comprimentos até 4 metros



Situação recomendada para comprimentos maiores que 4 metros



\* Deve-se tomar cuidado para o balanço no transporte não exceder 1,30 metro.

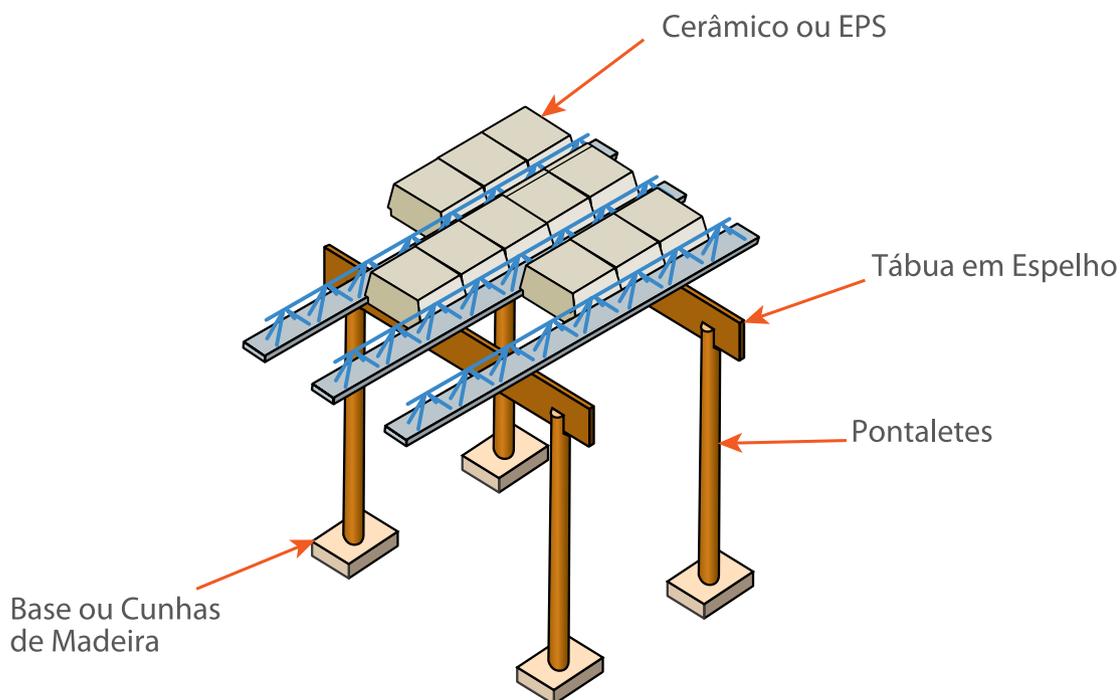
\*\* E para a distância entre dois pontos de içamento não exceder 2,40 metros.

# Execução

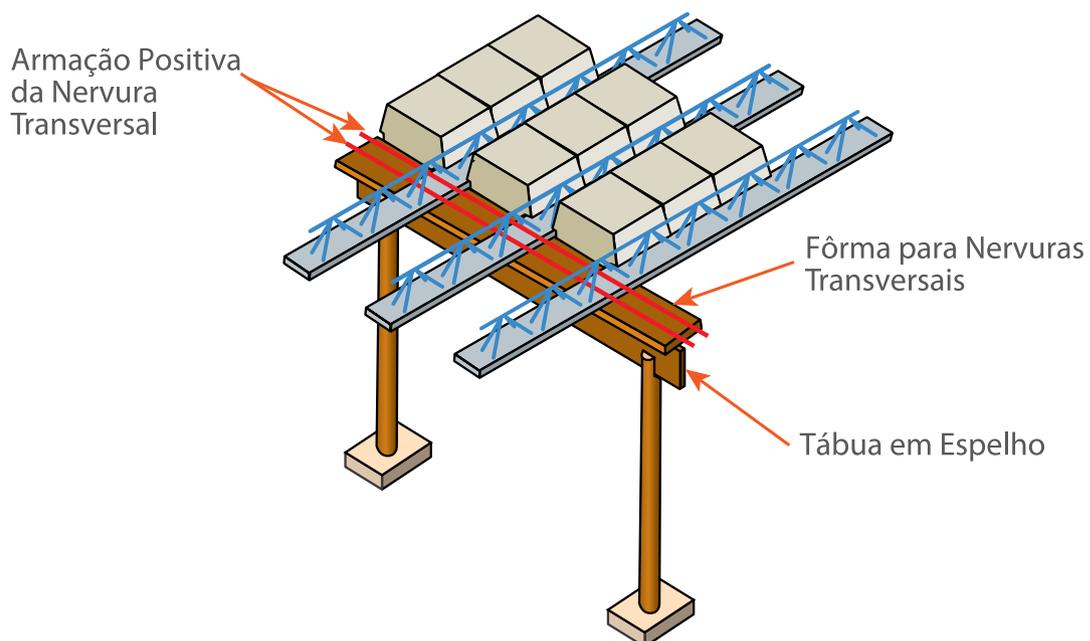
## (b) Escoramento:

Antes da colocação das vigotas ou pré-lajes é necessário o correto posicionamento das linhas de escoras (ver tabelas de escoramento) e formas para as nervuras transversais (se for o caso) às vigotas, de acordo com os detalhes abaixo.

### Escoramento de Madeira



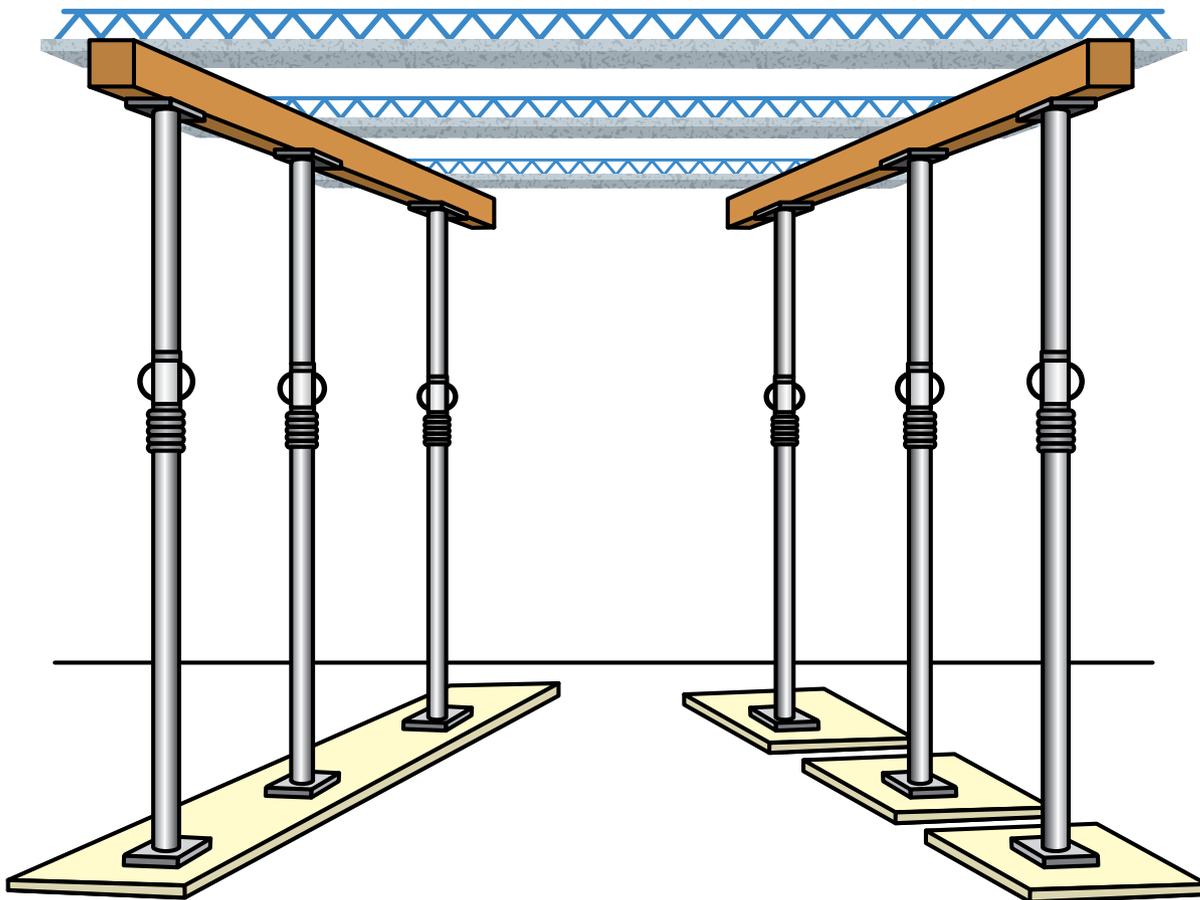
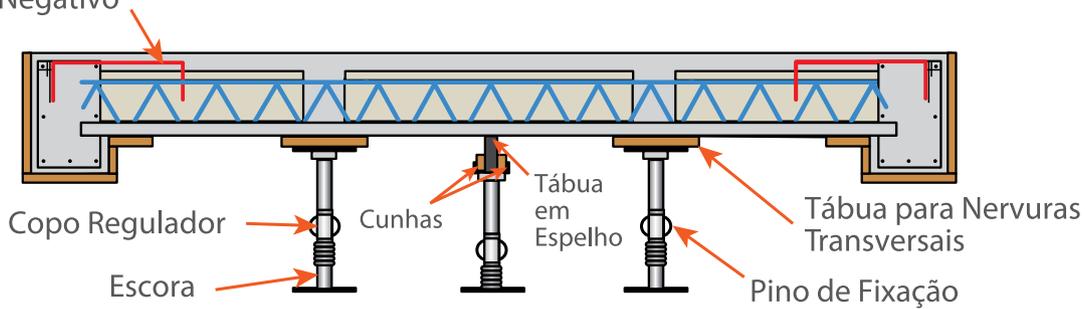
### Fôrma para Nervuras Transversais de Travamento



# Execução

## Escoramento Metálico

Ferro Negativo



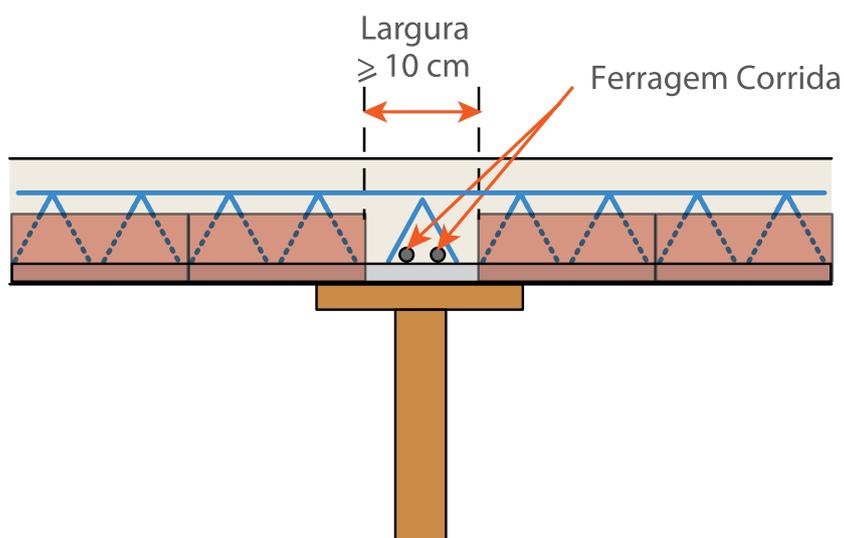
Para todo tipo de escoramento, certifique-se de que ele esteja apoiado sobre uma base firme e tenha a altura necessária para possibilitar a contraflecha da laje treliçada regulada através do copo regulador ou cunhas de madeira.

# Execução

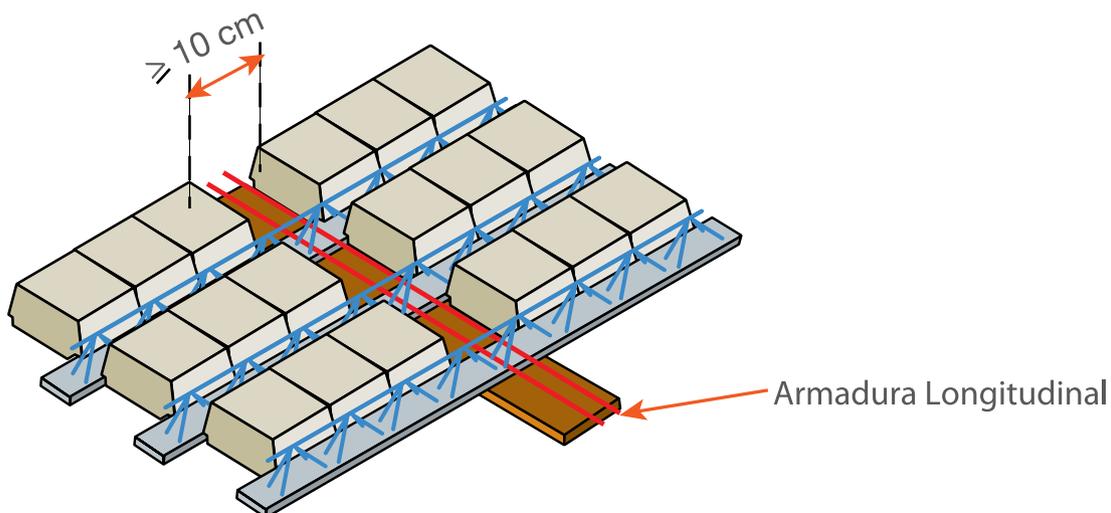
## (c) Nervuras Transversais:

No caso de lajes armadas em uma direção, a NBR 6118 adota a colocação de nervuras secundárias de travamento, ortogonais às nervuras principais, quando o vão teórico for superior a 4 metros, e exigindo, no mínimo, duas nervuras se esse vão ultrapassar 6 metros.

Para solução em lajes nervuradas em duas direções, será definido pelo cálculo o espaçamento entre as nervuras principais e as secundárias.



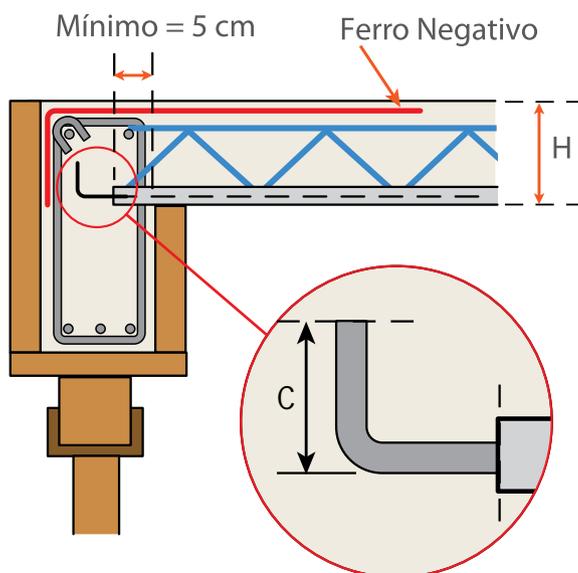
Afastamento dos Enchimentos  
(EPS ou Cerâmico)



# Execução

## (d) Posicionamento em Serviço:

Devem ser observadas as condições de apoio das vigotas obedecendo às dimensões mínimas que estas deverão ter nos apoios, bem como o comprimento de ancoragem da armação adicional.



Utilizar ganchos se não houver espaço para ancoragem da armação adicional reta dentro da viga. Para a realização das dobras dos ganchos utilize pinos para o dobramento adequados de acordo com as recomendações das normas vigentes. Consulte catálogos do Belgo 50 e Belgo 60.

## Tabela dos Comprimentos dos Ganchos de Ancoragem da Armação Adicional

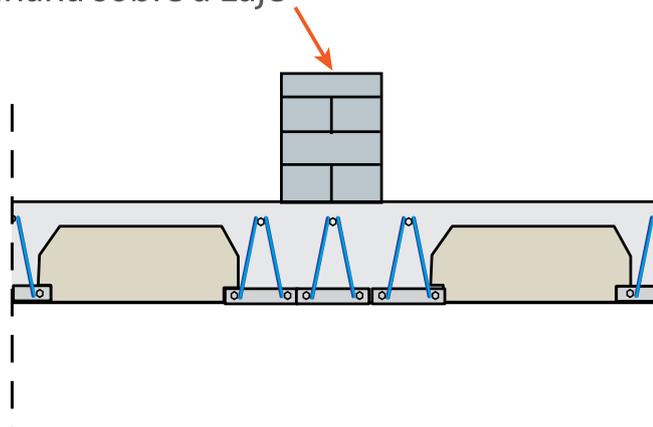
| $\varnothing$<br>Diâmetro da armação<br>adicional (mm) | C<br>Comprimento vertical<br>do gancho (cm) |
|--|---|
| 4,2  | 5   |
| 5,0  | 6   |
| 6,0  | 8   |
| 7,0  | 9   |
| 8,0  | 10  |
| 10,0   | 12  |
| 12,5   | 14  |
| 16,0   | 18  |

# Execução

## (e) Vigotas Justapostas:

É comum termos paredes de alvenaria sobre as lajes e, nestes casos, recomenda-se a colocação de vigotas justapostas como indicado abaixo:

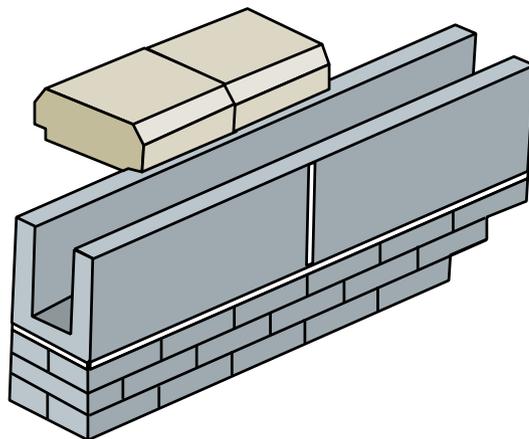
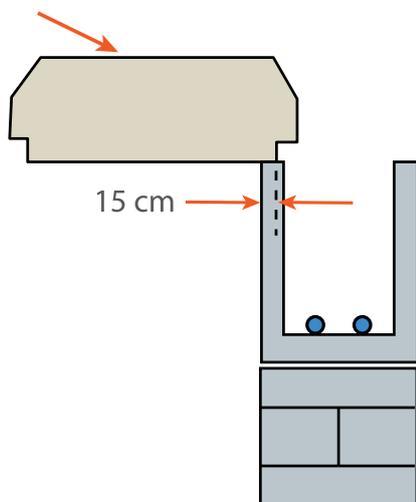
Alvenaria sobre a Laje



## (f) Colocação dos Elementos de Enchimento:

Devem ser observadas as dimensões mínimas dos seus apoios nas vigotas e nas extremidades (primeira linha de enchimento apoiando um lado nas cintas de amarração ou nas vigas).

EPS ou Cerâmico



# Execução

A sequência dos elementos de enchimento, como mostra a foto abaixo, deve ser a seguinte:

Executar fileiras ortogonais ao sentido das vigotas, iniciando-se pelas duas fileiras mais externas e caminhando para o meio da laje. Deve-se tomar cuidado para manter o esquadro e evitar folgas entre os enchimentos.

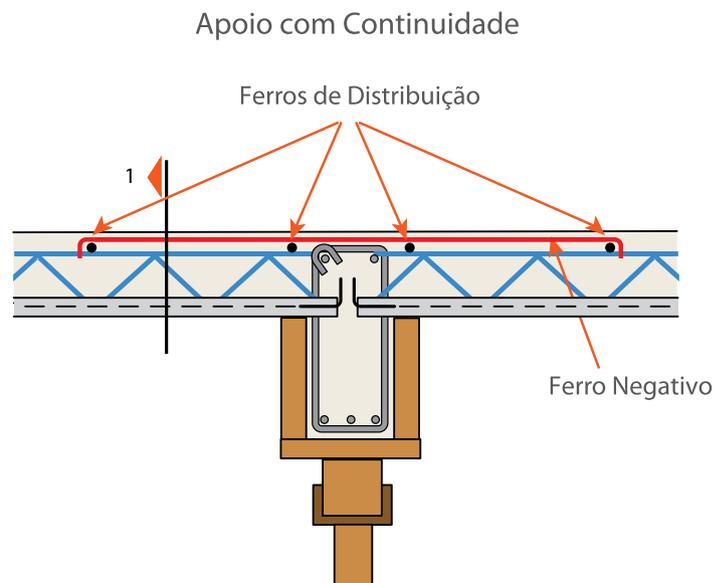
Esse procedimento é essencial para a uniformidade da seção das nervuras e principalmente para o posicionamento das nervuras de travamento.



## (g) Armadura Complementar:

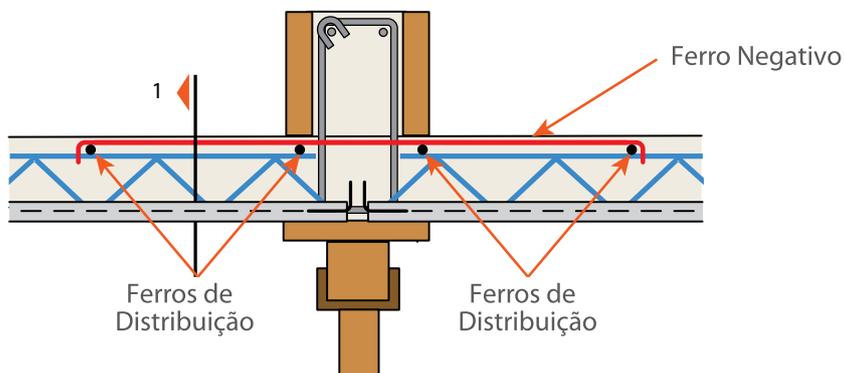
Na fase de projeto devem ser detalhadas as armaduras negativas que irão reforçar as regiões de momento negativo, como é feito normalmente nas lajes maciças. O posicionamento dessas armaduras deve ser sempre na região das vigotas.

Não podemos esquecer da armadura de distribuição na capa da laje, pois ela será responsável pelo controle da fissuração na retração do concreto e pelo reforço na distribuição das cargas pontuais. A armadura de distribuição não deve ser amarrada no fio superior da treliça; o seu posicionamento correto deve ser no meio da capa.

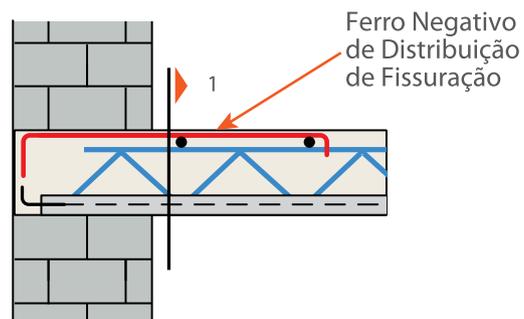


# Execução

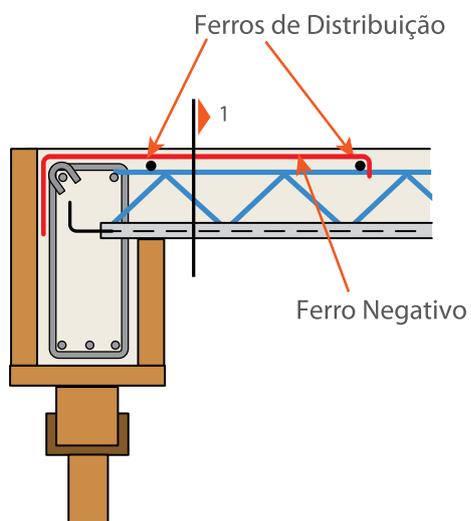
## Apoio com Continuidade em Viga Invertida



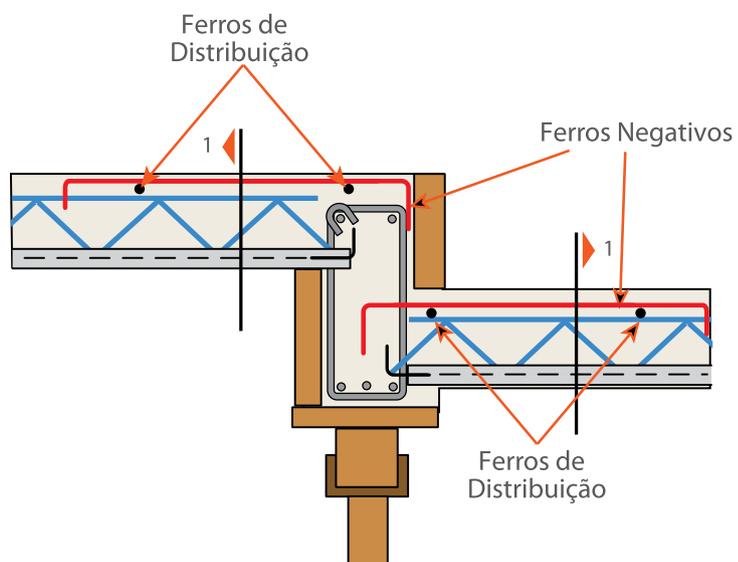
## Apoio Simples em Alvenaria Estrutural ou Similar



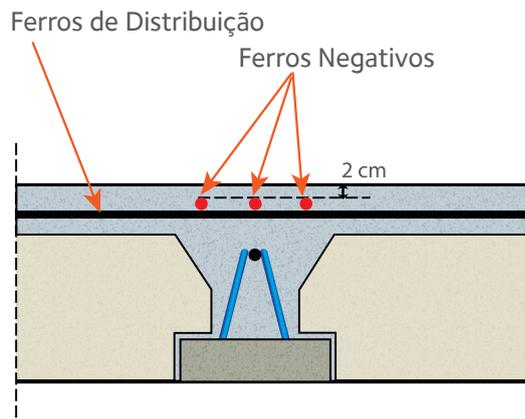
## Apoio Simples em Viga de Borda



## Apoio Simples com Desníveis



## Detalhe 1



# Execução

## (h) Concretagem:

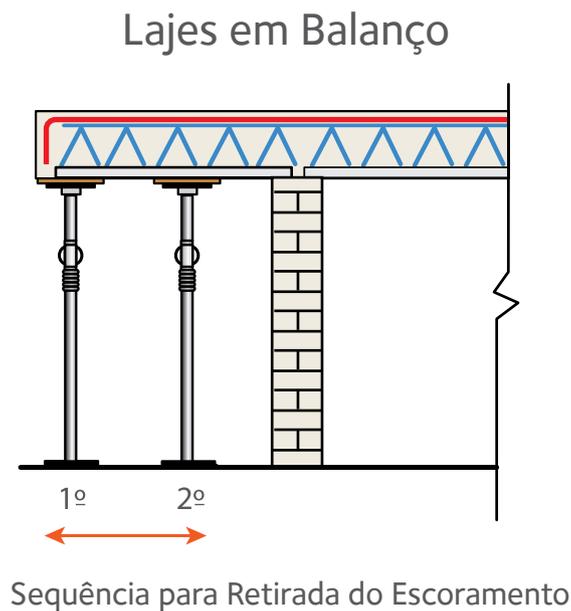
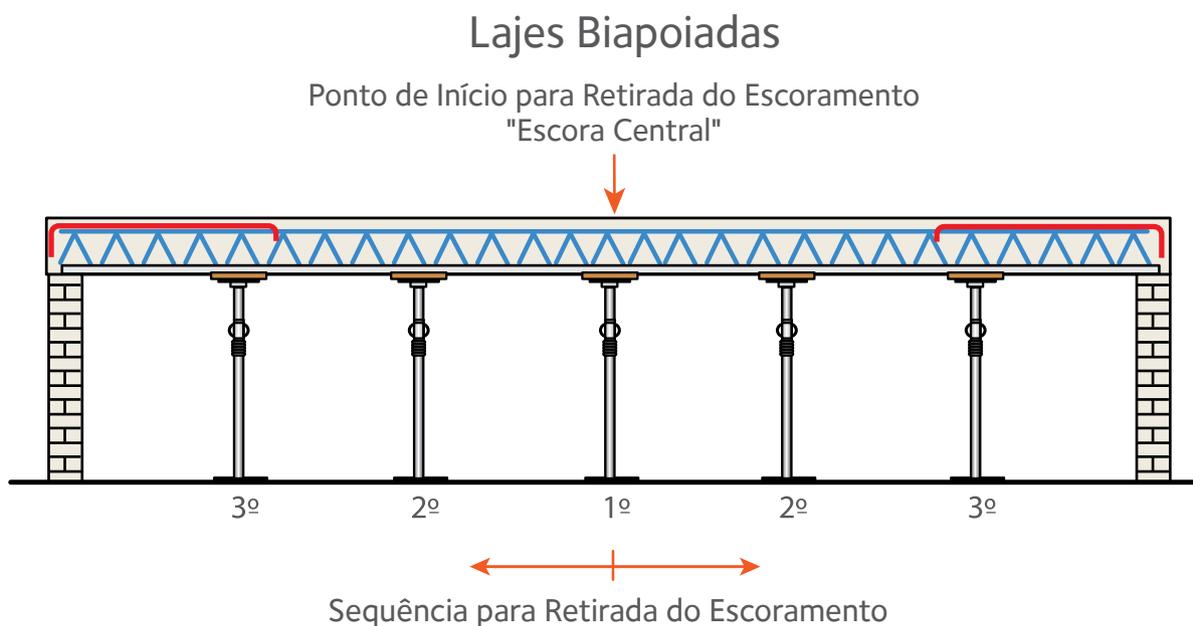
Solicite a vistoria do fornecedor da laje aproximadamente dois dias antes da concretagem. Certifique-se da resistência (fck) maior ou igual ao indicado no projeto. Para caminhar sobre a laje recém-concretada, utilize tábuas. Durante os três primeiros dias após o lançamento do concreto, molhe bem a superfície da laje. Uma boa dica de cura úmida é a colocação de tábuas ou chapas de compensado sobre a laje, com o auxílio de mangueiras despejando água a uma vazão constante o suficiente para manter as madeiras encharcadas, propiciando assim uma umidade ideal para a cura do concreto.



# Execução

## (i) Descimbramento:

Não proceda à desforma antes de 18 dias da concretagem. Em edifícios de múltiplos pisos não retire o escoramento do piso inferior antes de terminar a execução da laje imediatamente superior, e nas lajes treliçadas de forro não retire o escoramento antes de o carpinteiro terminar o serviço de cobertura do telhado. Retire o escoramento sempre do centro para as extremidades.



# Bibliografia

- 1) NBR 6118/78 Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado
- 2) NBR 6119/80 Cálculo e Execução de Lajes Mistas
- 3) NBR 6120/80 Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações
- 4) NBR 7480/85 Barras e Fios de Aço Destinados a Armaduras para o Concreto armado
- 5) NBR 7481/82 Tela de Aço Soldada para Armadura de Concreto
- 6) Santos, Lauro Modesto dos. Cálculo de Concreto Armado, Vols. 1 e 2, Editora LMS Ltda.
- 7) Manual Técnico Sistema Trelaçado Global
- 8) Manual de Fabricação Puma
- 9) Programa Trelças Belgo
- 10) Manual de projeto de lajes pré-moldadas trelaçadas - Vitor Faustino Pereira
- 11) NBR 14859-1 - Laje pré-fabricada - Requisitos - Parte 1: Lajes unidirecionais
- 12) NBR 14859-2 - Laje pré-fabricada - Requisitos - Parte 2: Lajes bidirecionais
- 13) NBR 14860-1 - Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos - Parte 1: Lajes unidirecionais
- 14) NBR 14860-2 - Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos - Parte 2: Lajes bidirecionais
- 15) NBR 14862 - Armaduras trelaçadas eletrossoldadas - Requisitos



ArcelorMittal

Manual Técnico de Lajes Treliçadas – Julho 2010

Central de Relacionamento Aços Longos  
**0800 0151221**  
[www.arcelormittal.com/br](http://www.arcelormittal.com/br)