

LAJES ALVEOLARES TATU

1. DEFINIÇÃO

A Laje Alveolar é constituída de placas de concreto protendido que possuem seção transversal com altura constante e alvéolos longitudinais, responsáveis pela redução do peso da peça. Estas lajes protendidas são produzidas pela TATU na largura de 124,5cm e nas alturas de 16, 20, 25, 30, 40 e 50cm, com concreto de elevada resistência característica à compressão ($f_{ck} \geq 45\text{MPa}$) e aços especiais para protensão.

A figura 1 ilustra uma seção transversal de uma Laje Alveolar com a descrição das partes que a constituem.

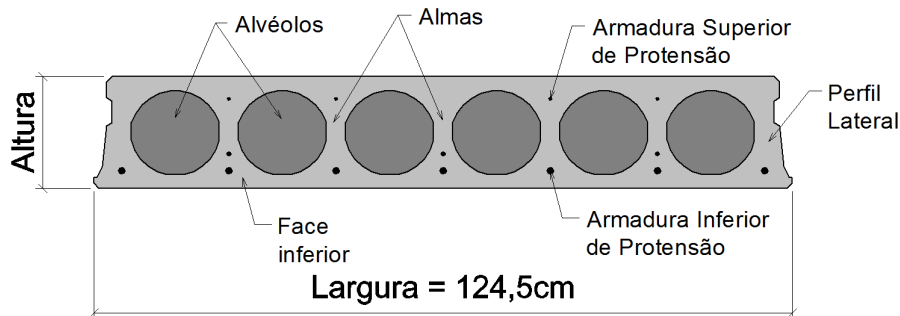


Figura 1 - Seção Transversal da Laje Alveolar

2. VANTAGENS DA LAJE

2.1. Facilidade de Transporte

Os sistemas de lajes tradicionais exigem o recebimento, transporte e estocagem de diversos componentes da laje (vigotas, elementos de enchimento, armaduras e escoras). Para cada um dos componentes é necessário espaço para estocagem e traslado do material do recebimento ao estoque e, do estoque ao local de utilização. Na Laje Alveolar, somente as placas e, eventualmente o aço para armadura do capeamento (malha de distribuição e armaduras negativas), deverão ser recebidos e descarregados com auxílio de guindaste, ou pela grua da própria obra, simplificando o recebimento, estoque e manuseio do produto.

2.2. Simplicidade e Rapidez de Montagem

O processo de montagem da laje alveolar é simples e repetitivo. O rendimento de uma equipe de montagem de três operários pode chegar, sem dificuldade, a 50m²/h, o que equivale a 400m² em 8 horas de trabalho.

As extremidades das placas são apoiadas sobre a estrutura, sem qualquer escoramento intermediário. Após o posicionamento é feito o nivelamento das placas alveolares (equalização) com o auxílio de torniquetes de madeira para, somente depois, iniciar-se o preenchimento das juntas entre as placas com concreto fino (graute).

Para as lajes que necessitem de capeamento, 48 horas após a conclusão do rejunte, poderão ser iniciados os serviços de armação e concretagem da capa de concreto, sem necessidade de qualquer escoramento. Algumas lajes, como as de

cobertura, podem dispensar o capeamento de concreto e, transcorridas as 48 horas após o preenchimento das juntas, a laje estará pronta para utilização. No caso de lajes onde é previsto o capeamento de concreto, a liberação para uso somente deverá ocorrer após a conclusão da cura do concreto de capeamento.



Figura 2 – Montagem das Lajes Alveolares

2.3. Redução de Serviços na Obra

Os serviços de carpintaria, armação e revestimento, além do recebimento, estoque, transporte e manuseio de todos os materiais envolvidos nestas etapas, são eliminados quase que totalmente. Alguns detalhes de acabamento das lajes alveolares junto à estrutura podem ser executados, facilmente, por profissionais sem maior especialização.



Figura 3 –Redução da mão-de-obra

2.4. Eliminação de Cimbramento

Por serem auto-portantes, as lajes alveolares não utilizam escoramentos em sua montagem. Mesmo quando é necessária a utilização de capa de concreto, as placas alveolares são capazes de resistir a estes carregamentos sem necessidade de qualquer escoramento.

2.5. Possibilidade de Atingir Maiores Vãos

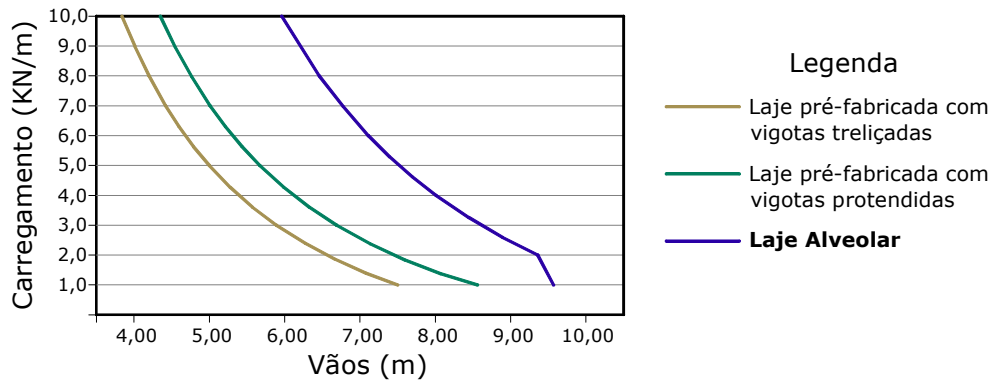


Figura 4 - Gráfico comparativo do desempenho das Lajes Treliçada, Protendida e Alveolar, todas com altura de 16cm.

A laje alveolar é capaz de alcançar grandes vãos, mesmo com cargas de utilização elevadas. Se comparada a outros sistemas de lajes, a Laje Alveolar apresenta menores deformações e melhor desempenho. A figura 4 ilustra o desempenho das Lajes Alveolares quando comparada a outros sistemas.

2.6. Qualidade e Confiabilidade

A produção das lajes alveolares ocorre em instalações industriais modernas e providas de todos os recursos necessários para garantir a qualidade do produto. Desde o controle de materiais, posicionamento de armaduras e protensão, moldagem até a cura do concreto. A moldagem das placas é feita em modernos equipamentos que através de vibração e adensamento enérgicos permitem a utilização de concretos com baixa relação água/cimento.

2.7. Economia

A redução de materiais e mão-de-obra para a execução e, principalmente, a redução acentuada dos prazos de execução torna a Laje Alveolar uma solução indispensável para obras com canteiros pequenos e prazos limitados.



Figura 5 - Acabamento inferior da laje Alveolar

3. COMPONENTES

3.1. Laje Alveolar

As Lajes Alveolares Tatu são fabricadas com largura padrão de 124,5cm e nas alturas de 16, 20, 25, 30, 40 e 50cm.

A partir de materiais cuidadosamente selecionados e utilizando centrais modernas que garantem excelentes condições de dosagem e mistura, produz-se um concreto com baixa relação água/cimento ($a/c \approx 0,35$), que além da alta resistência à compressão, protege as armaduras com maior segurança, devido a sua baixa porosidade.

Para a protensão são utilizadas cordoalhas com relaxação baixa, reduzindo as perdas ao longo do tempo.

O quadro a seguir apresenta as seções transversais das lajes alveolares produzidas pela TATU PRÉ-MOLDADOS.

Quadro 1 - Seções Transversais das Lajes Alveolares Tatu	
SEÇÃO TRANSVERSAL	CARACTERÍSTICAS
	Altura= 16cm Peso-Próprio=2,75kN/m ² I=28.943cm ⁴ /m
	Altura= 20cm Peso-Próprio=3,00kN/m ² I=52.308cm ⁴ /m
	Altura=25cm Peso-Próprio=3,50kN/m ² I=98.748cm ⁴ /m
	Altura=30cm Peso-Próprio=4,30kN/m ² I=212.513cm ⁴ /m
	Altura=40cm Peso-Próprio=4,85kN/m ² I=459.892cm ⁴ /m
	Altura=50cm Peso-Próprio=5,80kN/m ² I=841.329cm ⁴ /m

3.2. Junta Entre Placas

O preenchimento das juntas entre as lajes tem como objetivo a garantia de um funcionamento solidário das diversas placas que constituem uma Laje Alveolar, estabelecer uma colaboração entre elas na redistribuição de cargas das mais carregadas para as menos carregadas, além de fornecer o acabamento e a estanqueidade necessária.

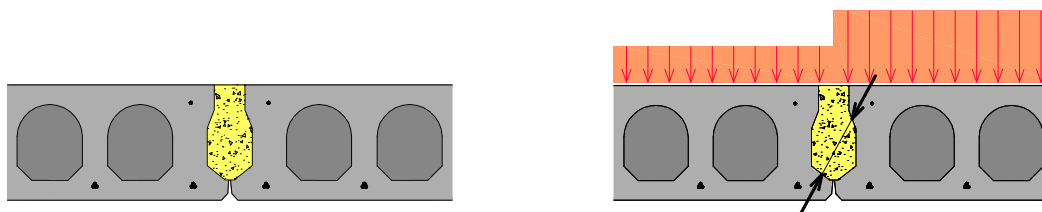


Figura 6 - Chave de cisalhamento entre duas lajes

A Laje Alveolar é desenhada de modo que na união de duas placas apenas as faces inferiores entram em contato, onde existe um chanfro entre as peças para acabamento da face inferior. As faces superiores das placas ficam afastadas entre si, permitindo a passagem do concreto fino (graute). Uma vez concretada, a junta entre as placas constitui uma chave de cisalhamento que solidariza o conjunto das placas (figura 7).

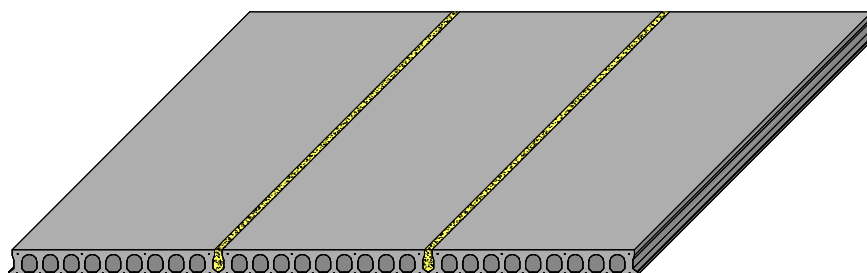


Figura 7 - Lajes solidarizadas pela chave de cisalhamento

3.2.1. Equalização de Lajes Alveolares

Após a montagem das placas sobre a estrutura e antes do início do rejuntamento entre elas, deve ser feita a equalização das lajes alveolares.

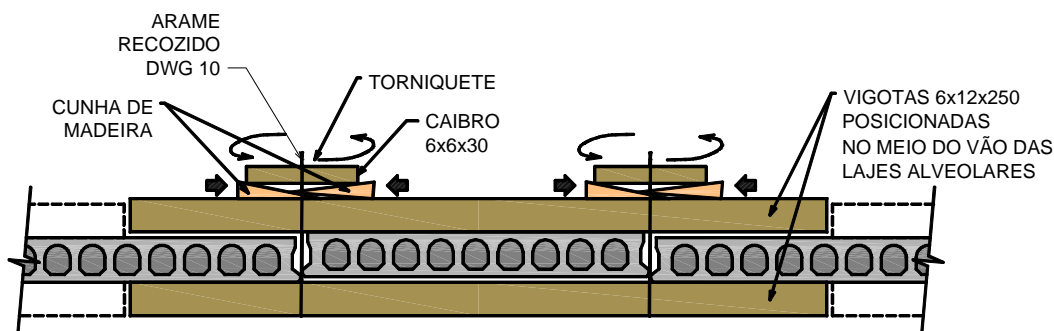


Figura 8 - Montagem do Torniquete para equalização das placas

Como as lajes alveolares são fabricadas em concreto protendido, surgem pequenas contra-flechas. Estas contra-flechas nem sempre são iguais para todas as placas sendo necessário, após o posicionamento sobre a estrutura, a execução do nivelamento (equalização) das placas através de torniquetes de madeira e arame. Concluída a equalização das placas de uma laje, as juntas deverão ser preenchidas com concreto fino (graute) e, decorridas 48 horas após a finalização do preenchimento das juntas, o torniquete poderá ser removido e os trabalhos para a conclusão da laje retomados.

3.3. Capa de Compressão

A capa de concreto, necessária à execução de todas as lajes pré-fabricadas pode ser dispensada nas Lajes Alveolares. A área de concreto da seção transversal das lajes pode ser suficiente para resistir às tensões de compressão e o monolitismo requerido para uniformizar a distribuição das cargas pode ser alcançado, simplesmente, com o preenchimento das juntas. Contudo, para as lajes de piso, é recomendada a utilização da capa de concreto C30 para o nivelamento da superfície da laje e correção da contra-flecha decorrente da protensão das lajes alveolares.

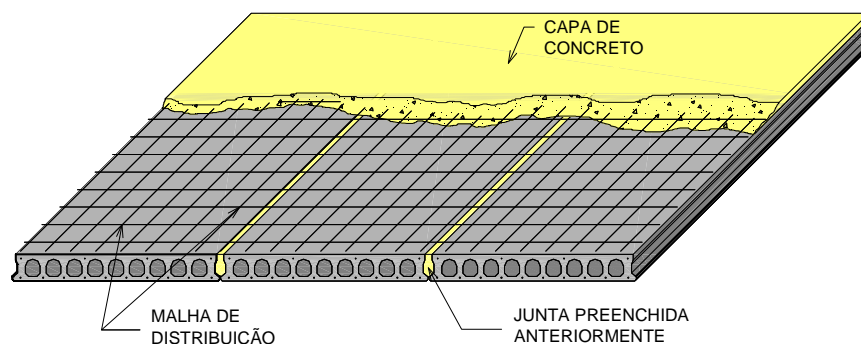


Figura 9 – Capa de concreto executada sobre as lajes alveolares

A capa também permite o alojamento de armaduras necessárias à redistribuição de cargas concentradas, como é o caso das paredes apoiadas sobre a laje.

A espessura mínima da capa deve ser medida no meio do vão da laje alveolar (figura 10) e, como nessa posição existe uma contra-flecha, próximo aos apoios a espessura da capa deverá ser maior. Esta diferença deverá ser levada em conta para a definição do nível final da laje e para o cálculo do volume necessário de concreto para o capeamento.

A espessura da capa no meio do vão é indicada no Manual de Montagem que acompanha a laje no momento da entrega. Esta espessura não poderá ser alterada sem autorização da TATU PRÉ-MOLDADOS.

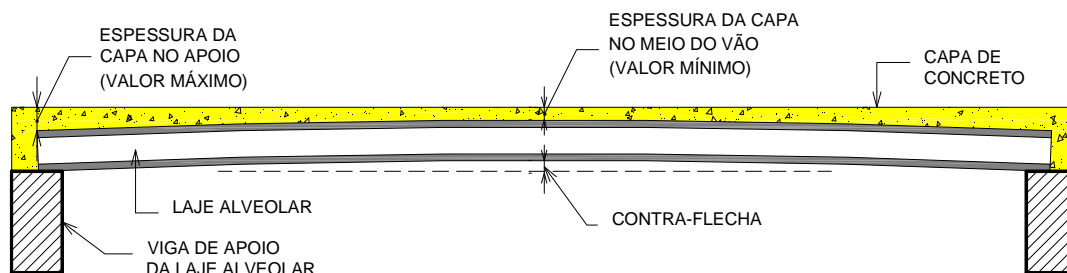


Figura 10 – Variação da espessura da capa de concreto em função da contra-flecha

3.4. Armaduras Passivas

3.4.1. Armadura de Distribuição

A armadura de distribuição tem duas funções principais: auxiliar na distribuição de cargas verticais e controlar a abertura de fissuras por retração do concreto de capeamento. Ela é composta por barras de aço CA50 ou por fios de aço CA60, dispostas no plano da capa, nas duas direções ortogonais, ou por telas eletrosoldadas.

A montagem da malha de distribuição sobre as lajes deverá ser feita, após a conclusão do rejuntamento das placas, com auxílio de espaçadores para que a mesma tenha um cobrimento de 1,5cm em relação à face superior do capeamento. Quando necessário, o traspasse da malha deverá ser feito pela sobreposição de duas malhas ou a distância mínima de 25cm.

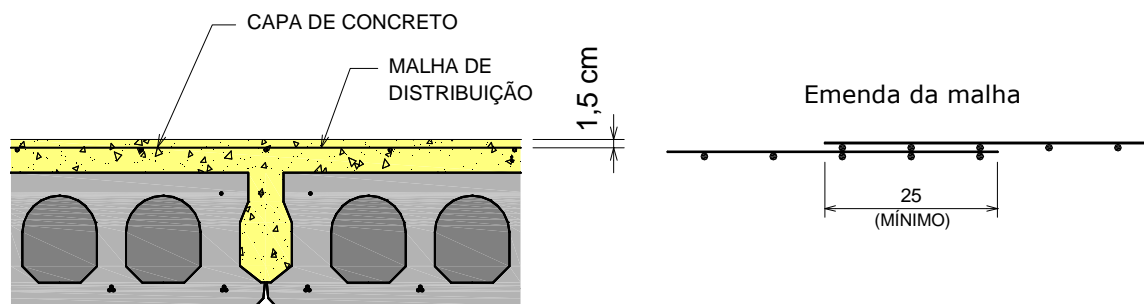


Figura 11 - Malha de distribuição e emenda por traspasse

O quadro a seguir apresenta a armadura mínima que deverá ser utilizada na malha de distribuição em função do carregamento da laje:

Quadro 2 – Malha de Distribuição (Armadura Mínima)			
Sobrecargas (kN/m ²)	Esp. da Capa (cm)	Tela Eletrosoldada	Peso Tela (Kg/m ²)
Até 2,5	4	Q92	1,48
de 2,51 até 5,00	4	Q138	2,20
de 5,01 até 7,50	5	Q159	2,52
de 7,51 até 10,00	5	Q196	3,11

3.4.2. Armadura Negativa nas Continuidades

Em lajes contínuas constituídas por lajes alveolares montadas numa mesma direção é possível considerar o efeito da continuidade no dimensionamento da laje. Neste caso, além da armadura de distribuição, serão dispostas armaduras negativas nos apoios das lajes onde ocorra continuidade.

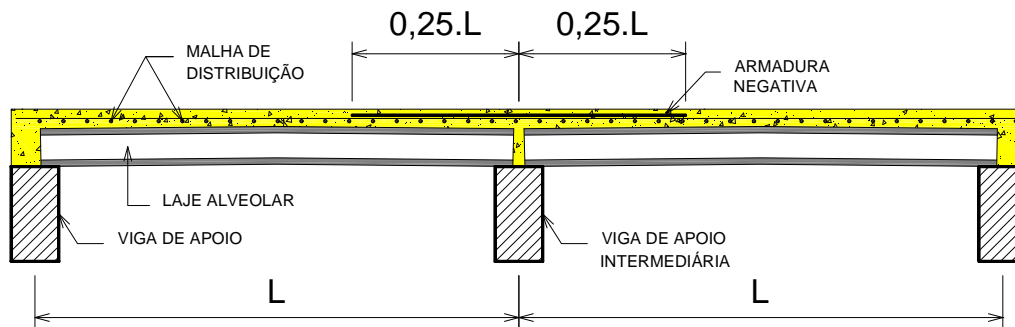


Figura 12 – Posicionamento da Armadura Negativa

3.4.3. Armaduras Especiais

Além da malha de distribuição e das armaduras negativas, podem ser necessárias armaduras para reforço em furos ou, a critério do projetista da estrutura, armaduras de ligação que garantam a solidarização da laje ao restante da estrutura.

4. TRANSPORTE, ARMAZENAMENTO E MONTAGEM

Alguns cuidados devem ser tomados no transporte, armazenamento e montagem das lajes alveolares, para garantir a integridade das placas e a segurança das operações.

4.1. Içamento

Para o correto içamento das lajes alveolares, inicialmente deve ser feita a avaliação dos pesos das lajes em função de seu peso-próprio, de acordo com o quadro 1, apresentado em 3.1.

O peso da laje servirá para o dimensionamento do guidaste que deverá ser utilizado na montagem, além dos acessórios tais como cabos de aço, balancins, etc.

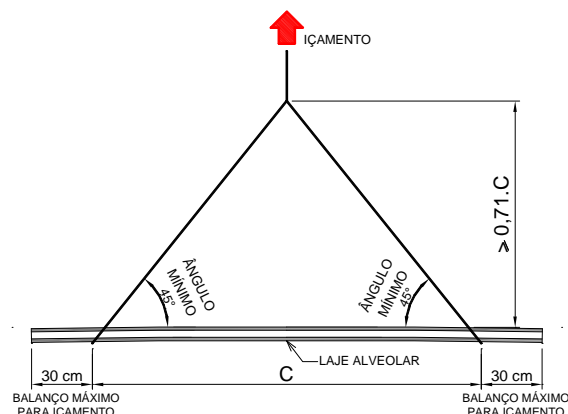


Figura 13 – Posicionamento dos cabos para o içamento das lajes alveolares

4.2. Armazenamento

Quando armazenadas na obra, as lajes alveolares deverão ser apoiadas em terreno firme sobre calços de madeira macia. O local deve estar previamente preparado, deve ser plano e, se não for pavimentado, deve ser preparado com uma camada de pedra britada sobre o terreno, para manter as placas limpas.

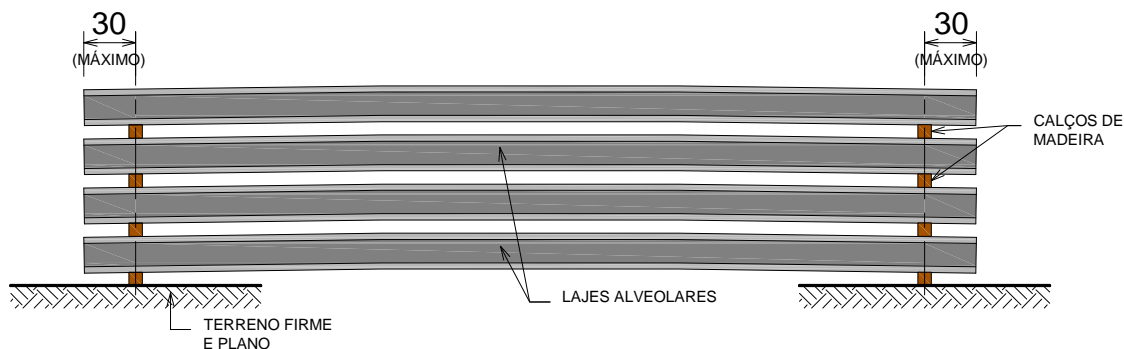


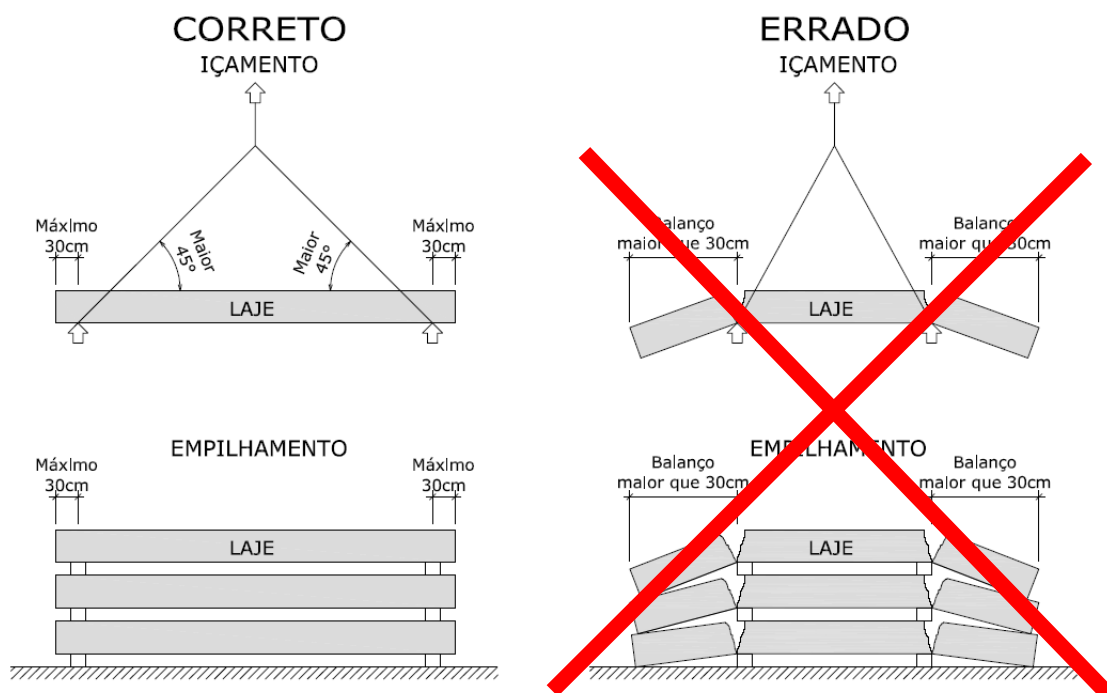
Figura 14 – Empilhamento de lajes alveolares na obra

O empilhamento máximo de lajes alveolares é indicado no quadro abaixo:

Quadro 3 – Empilhamento máximo das Lajes Alveolares TATU

Altura do laje (cm)	Número de placas por pilha
16	6 placas
20	5 placas
25	4 placas
30	4 placas
40	3 placas
50	3 placas

Em resumo:



4.3. Montagem

Observados os cuidados já citados para o içamento e armazenamento, na fase de montagem as lajes serão içadas individualmente até sua posição na estrutura, sendo colocadas suavemente sobre os apoios, de modo que a placa fique posicionada corretamente, garantindo-se o comprimento de **apoio mínimo** em cada extremidade e o esquadro da placa em relação ao eixo da obra.



Figura 15 – Placa sendo deslocada até a sua posição de montagem



Figura 16 – Placa sendo deslocada até a sua posição

As lajes alveolares podem ser apoiadas diretamente sobre as vigas, de modo que a face inferior das placas fiquem em contato com a face superior das vigas. Para isso, é necessário que o acabamento da face superior das vigas, na região de apoio das lajes alveolares seja plano e liso.

Para receber as lajes alveolares na posição de colocação deve haver um montador em cada extremidade da placa. Cada nova placa é apoiada sobre a estrutura com um pequeno afastamento em relação à anterior, para permitir a retirada dos cabos de içamento. Uma vez posicionada a placa, a anterior é deslocada para a posição definitiva, pelos montadores, com auxílio de pé-de-cabra (figura 16).

4.3.1. Comprimento de Apoio das Lajes

Dentre os cuidados que devem ser tomados na montagem das lajes alveolares está a manutenção de um comprimento mínimo de apoio das placas sobre a estrutura. Este comprimento mínimo de apoio equivale à metade da altura da laje. Por exemplo, para uma placa com 16cm de altura o comprimento de apoio deverá ser de 8cm (no mínimo) sobre a estrutura, em cada extremidade.

Quadro 4 – Comprimento de apoio das Lajes Alveolares TATU

Altura do laje (cm)	Comprimento Mínimo de Apoio
16	8,0cm
20	10,0cm
25	12,5cm
30	15,0cm
40	20,0cm
50	25,0cm

*Confirmar quando o apoio for viga metálica

4.3.2. Recorte dos Lajes Alveolares

As lajes alveolares são fabricadas com 124,5cm de largura e para ajustar a modulação das lajes é preciso recortar algumas placas. Estes recortes devem ser feitos na fábrica e somente onde realmente necessário uma vez que elevam o custo de fabricação das placas.

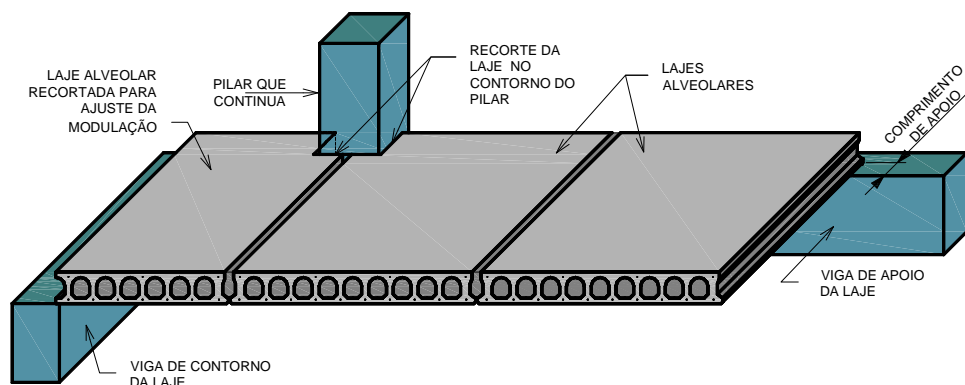
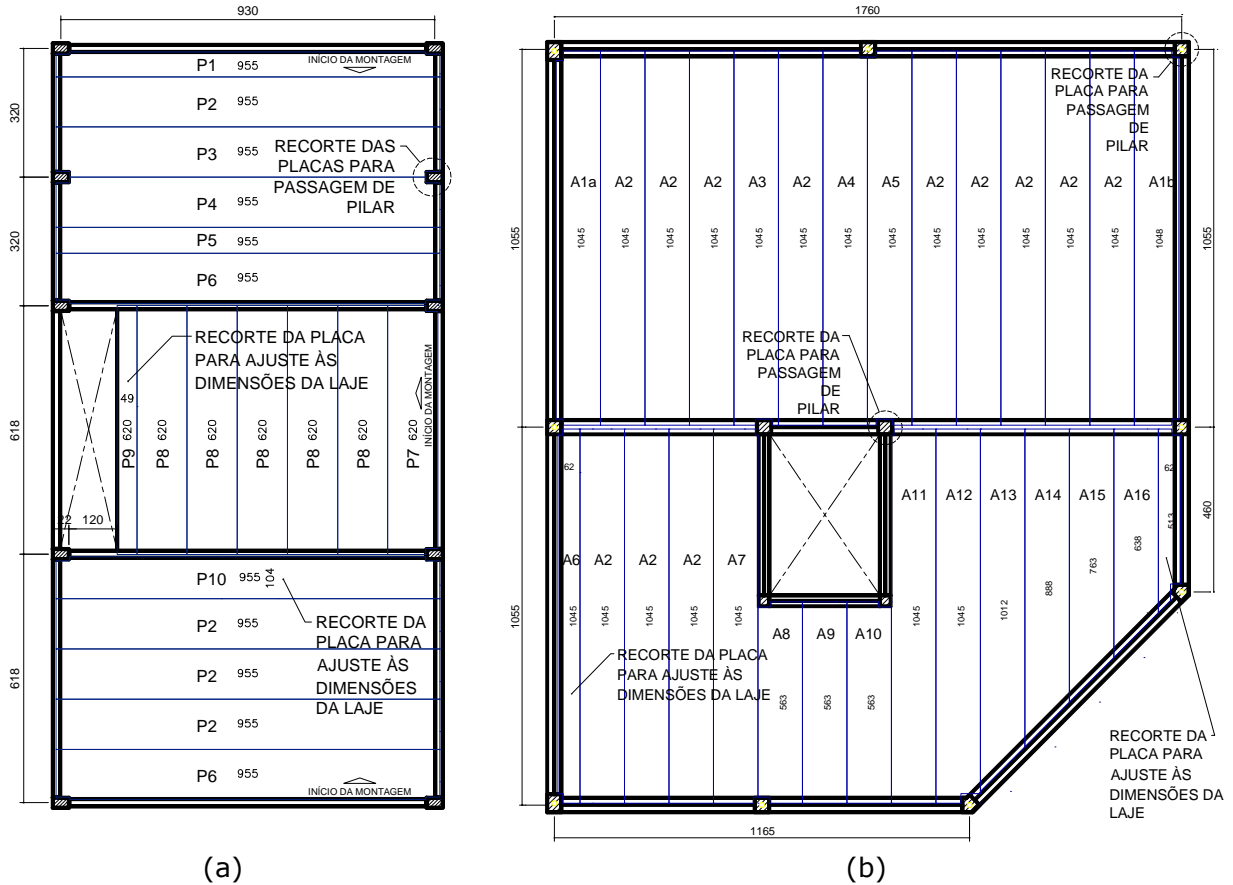


Figura 17 – Ilustração do recorte das placas na posição de pilar que segue para o próximo pavimento

Através do projeto de forma da estrutura, com medidas conferidas na obra, fornecido pelo Cliente, será elaborado um desenho de modulação da laje (figura 18) com detalhe das placas que serão recortadas durante a fabricação.

Nos pilares que continuam para outros pavimentos e que exijam recorte no apoio da laje com dimensão maior que 30cm, deverão ser utilizados consolos para assegurar o apoio da placa na região recortada.



(a) (b)
Figura 18 – Modulação das lajes alveolares com indicação das placas recortadas

4.3.2. Aberturas na Laje

Os furos na laje alveolar devem ser cuidadosamente estudados, ainda na fase de projeto. Com a introdução de dispositivos metálicos (figura 19), devidamente projetados, é possível a execução de furos para shafts e outras aplicações.

Sempre que seja necessário

a execução de furos na laje alveolar, consulte o departamento técnico da TATU para receber a orientação necessária à execução deste serviço.

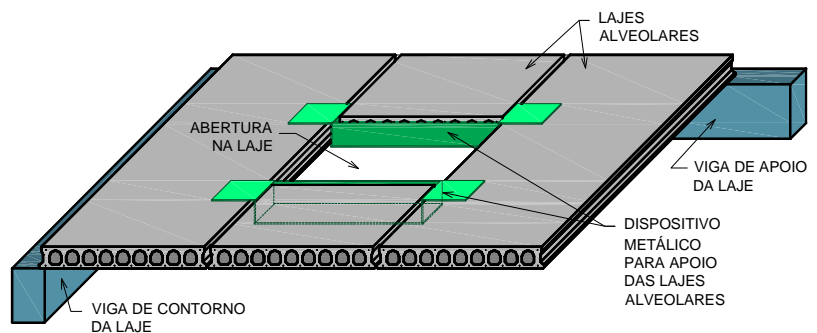


Figura 19 – Exemplo de abertura na laje alveolar