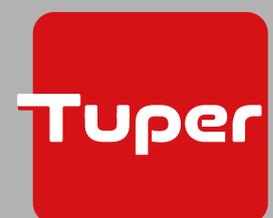


MANUAL TÉCNICO

Lajes Mistas Nervuradas Tuper

A gente transforma o aço.
E o aço transforma você.



MANUAL TÉCNICO

Lajes Mistas
Nervuradas Tuper



INOVAÇÃO COM A FORÇA DO AÇO



Frank Bollmann
Presidente e CEO
Tuper

É com muita satisfação que apresentamos mais motivos pelos quais a escolha das soluções em aço Tuper coloca sua obra em boas mãos.

Nossa empresa, com mais de 50 anos de atuação, é hoje uma das maiores transformadoras de aço da América Latina. A Tuper acompanha a evolução do mercado com amplas linhas de produtos, atendendo as mais exigentes normas nacionais e internacionais. Graças ao alto padrão de qualidade, parques fabris modernos e excelência de produtos, atua em importantes setores da economia como a construção civil, o mercado automotivo, os segmentos de óleo e gás, indústria e agronegócio, entre outros, com know-how e capacidade para processar 826 mil toneladas de aço por ano.

No segmento construção civil disponibiliza uma das mais completas linhas de itens, que vão desde estacas tubulares para fundação até os mais modernos sistemas de cobertura. Além disso, a empresa conta com um capital humano altamente capacitado. Nossa equipe de

engenheiros participa ativamente do desenvolvimento dos projetos em conjunto com o cliente, buscando viabilidades técnicas e econômicas com os melhores resultados.

Neste manual, o destaque é o sistema industrializado de Lajes Mistas Nervuradas Tuper, que garante tecnologia, economia de insumos e escoramento e, principalmente, agilidade no processo de execução na fase estrutural da obra.

Na Tuper, o compromisso com a qualidade abrange todas as fases do processo produtivo, iniciando com rigorosas análises das propriedades mecânicas e químicas da matéria-prima. Tudo isso para proporcionar a entrega do produto na especificação adequada para cada projeto e em tempo hábil para execução.

Convido a conhecer todos os detalhes deste sistema, amplamente descritos neste manual. A melhor solução desenvolvida pela Tuper para a sua obra.

PREFÁCIO

A constante evolução de tecnologias e materiais é um dos fatores de influência direta no setor da construção civil. Em razão desses avanços, as estruturas mistas de aço e concreto têm ganhado cada vez mais espaço no mercado. Considerando essa linha evolutiva e, a partir das melhorias dos atributos de itens como aço e concreto, o papel da indústria é buscar com que esses materiais se integrem de forma a combinar as melhores características para obter estruturas com desempenho superior. Neste contexto, as lajes mistas já são reconhecidas pela excelente performance na aplicação dos mais diversos tipos de projetos. Partindo de uma abordagem técnica precisa e voltada para a aplicação, este manual apresenta as características das Lajes

Mistas Nervuradas Tuper considerando as especificações do produto desenvolvido a partir de sólido investimento em pesquisa e das melhores práticas nos processos produtivos para garantir a qualidade final. Os conceitos apresentados estão em conformidade com as normas nacionais e apresentam requisitos como economia, segurança e produtividade. A finalidade deste conteúdo, portanto, é contribuir para ampliar o conhecimento em relação ao projeto e à execução do sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper para que sejam extraídos todos os benefícios e obtidos os melhores resultados pelos profissionais da construção civil.



RESIDENCIAL JARDIM SAN PAULO - BENTO GONÇALVES - RS
TORRE A - 13 ANDARES | TORRE B - 16 ANDARES

ÍNDICE

PREFÁCIO	5	5. ARMAZENAGEM E EXECUÇÃO	40
LINHA DE PRODUTOS	9	5.1 - RECOMENDAÇÕES DE RECEBIMENTO E ARMAZENAGEM DO MATERIAL	40
1. SIMBOLOGIA E UNIDADES	10	5.2 - ESCORAMENTO	40
1.1 - SIMBOLOGIA	10	5.3 - CONTRAFLECHA	42
1.2 - ABREVIACÕES	10	5.4 - MONTAGEM DA LAJE.....	43
1.3 - UNIDADES DE MEDIDA.....	10	5.5 - POSICIONAMENTO DAS VIGOTAS METÁLICAS TUPER.....	44
2. OBJETIVO	11	5.6 - VIGOTAS JUSTAPOSTAS.....	44
3. LAJES MISTAS NERVURADAS TUPER	14	5.7 - COLOCAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ENCHIMENTO.....	44
3.1 - VANTAGENS E BENEFÍCIOS	14	5.8 - NERVURAS DE TRAVAMENTO (PARA LAJE UNIDIRECIONAL).....	45
3.2 - VIGOTA METÁLICA.....	14	5.9 - INSTALAÇÃO ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS.....	46
3.3 - ELEMENTO DE ENCHIMENTO - EPS.....	15	5.9.1 - ABERTURAS E FURAÇÕES EM LAJES MISTAS NERVURADAS TUPER.....	46
3.4 - ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO	18	5.10 - EXECUÇÃO DAS ARMADURAS.....	48
3.4.1 TELA SOLDADA.....	18	5.11 - ARMADURA NEGATIVA.....	49
3.5 - CONCRETO.....	19	5.12 - ARMADURA COMPLEMENTAR	49
4. PROJETO E CARREGAMENTO.....	22	5.13 - ARMADURA DE ANCORAGEM.....	49
4.1 - INFLUÊNCIA DA CARGA DE PAREDES	29	5.14 - CONCRETAGEM	51
4.2 - PARALELAS ÀS VIGOTAS.....	30	5.14.1 - ADENSAMENTO.....	51
4.3 - PERPENDICULAR ÀS VIGOTAS.....	31	5.15 - PROCESSO DE CURA	52
4.4 - DETERMINAÇÃO DA SOBRECARGA	32	5.16 - RETIRADA DOS ESCORAMENTOS.....	52
4.5 - RELAÇÃO DE CONFORTO.....	32	5.17 - IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE.....	53
4.6 - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DA LAJE.....	32	5.18 - PINO PENDURAL TUPER.....	54
4.7 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE LAJE	33	5.19 - APOIO AO CLIENTE.....	55
4.8 - NORMA DE DESEMPENHO - NBR 15575.....	36	SUSTENTABILIDADE	
4.9 - DESEMPENHO ACÚSTICO	36	NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	57
4.9.1 - RUÍDO DE IMPACTO.....	36	OBRAS DE REFERÊNCIA.....	58
4.9.2 - RUÍDO AÉREO	36		
4.9.3 - SOLUÇÕES.....	37		
4.9.4 - A FUNÇÃO DA LAJE NO DESEMPENHO ACÚSTICO	37		



Inovação e tecnologia com qualidade e eficácia para todos os mercados

- Uma das maiores processadoras de aço do Brasil
- 826 mil toneladas de capacidade produtiva
- 3 plantas industriais com 120 mil m² no total
- 22 centros de distribuição no país

Consolidada como uma das maiores processadoras de aço do Brasil, a Tuper acompanha a evolução do mercado com amplas e modernas linhas de produtos.

Em mais de 50 anos de atuação, a empresa conquistou

alto padrão de qualidade e excelência, participando de importantes projetos para o desenvolvimento do Brasil.

Com moderno parque fabril e alta capacidade produtiva, a Tuper atende às mais exigentes normas nacionais e internacionais, sempre comprometida com o cliente.

Além de atuar no setor da construção civil, a Tuper também opera nos setores da indústria, óleo e gás, agronegócio, escapamentos e catalisadores (para o mercado de reposição) e automotivo original.

<p>Construção Civil</p>	<p>Indústria</p>	<p>Óleo e Gás</p>	<p>Agronegócio</p>	<p>Automotivo</p>	<p>Distribuição</p>
--------------------------------	-------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------------



LINHA DE PRODUTOS

<p>Tubos Estruturais e Industriais</p> <p>Tubos de aço-carbono com solda longitudinal. Bitolas de 15,87 até 339,70 mm. Redondos, quadrados e retangulares.</p>	<p>Tubos de Condução</p> <p>Tubos de aço-carbono pretos, galvanizados e pintados. NBR 5580 e NBR 5590.</p>	<p>Tubos Galvanizados</p> <p>Revestimento de zinco por imersão a quente e com posterior acabamento por sopro.</p>	<p>Eletrodutos Galvanizados</p> <p>Eletrodutos rígidos galvanizados.</p>
<p>Tubos para Andaimés</p> <p>Conforme especificações da NR 18.</p>	<p>Tubos para Caldeiras, Condensadores e Trocadores de Calor</p> <p>ASTM A178 e ASTM A214.</p>	<p>Tubos Trefilados</p> <p>Tubos trefilados de alta precisão.</p>	<p>Line Pipe API 5L</p> <p>Tubos de aço-carbono de 5 9/16" até 12 3/4", para condução de óleo, minerais, gases e combustíveis.</p>
<p>Casing API 5CT</p> <p>Tubos de aço-carbono de 5 1/2" até 13 3/8", para revestimento de poços de petróleo ou gás.</p>	<p>Estacas Tubulares com Conexão Rápida</p> <p>ASTM A252 Grau 3.</p>	<p>Coberturas Metálicas em Aço</p> <p>Telhas tradicionais, decorativas, termoacústicas e acabamentos.</p>	<p>Perfis Estruturais</p> <p>Perfilados e dobrados.</p>
<p>Lajes Mistas Nervuradas</p> <p>Sistema composto por vigotas metálicas e EPS.</p>	<p>Andaimés</p> <p>Multidirecional e fachadeiro.</p>	<p>Slitters</p> <p>Para produção de telha zipada.</p>	<p>Escoras Metálicas</p> <p>Produzidas em aço carbono, reguláveis, reutilizáveis e ecologicamente corretas.</p>
<p>Lambril</p> <p>Lambril com revestimento zincado ou Galvalume®.</p>	<p>Escapamentos Aftermarket</p> <p>Escapamentos, catalisadores e ponteiros automotivos.</p>	<p>Sistemas de Exaustão para Montadoras</p> <p>Aplicação em veículos leves, pesados, máquinas agrícolas e máquinas de construção.</p>	<p>Peças e Componentes Automotivos</p> <p>Tubos especiais e componentes para diversas aplicações, como: eixos de suspensão, amortecedores, jaquetas e colunas de direção, entre outros.</p>

1 SIMBOLOGIA E UNIDADES

1.1 - SIMBOLOGIA

FCK - resistência característica do concreto à compressão

L - Nível de pressão sonora

H - Altura da laje acabada

Ht - Altura total da laje

hf - Altura da capa de compressão

IE - Intereixo

t - Largura do apoio

Lef - Vão Efetivo

Lo - Vão livre entre as vigas de apoio

dB - Decibéis

Fs - Ignitabilidade (EPS)

CA - Concreto Armado

Eci - Módulo de deformação tangente inicial do concreto

Ecs - Módulo de deformação secante do concreto

NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção

Fy - Resistência de escoamento do aço

Fu - Resistência de ruptura do aço

1.2 - ABREVIATÓES

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society of Testing and Materials

ISO - International Organization for Standardization

NBR - Norma Técnica Brasileira

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

TQS - Software de projetos estruturais em concreto armado

ICF - Insulating Concrete Forms

ZAR - Zincado de Alta Resistência

EPS - Poliestireno Expandido

FCK - Feature Compression Know - Resistência Característica do Concreto à Compressão

Gpa - Gigapascal

L'nTw - (indicador normalizado padrão ISO para desempenho acústico ao ruído de impacto)

1.3 - UNIDADES DE MEDIDA

cm - centímetro

cm² - centímetro quadrado

cm²/m - centímetro quadrado por metro

cm³ - centímetro cúbico

g/m² - grama por metro quadrado

kg - quilograma

kg/m - quilograma por metro

kg/m² - quilograma por metro quadrado

kg/m³ - quilograma por metro cúbico

kgf/cm² - quilograma-força por centímetro quadrado

kgf/m³ - quilograma-força por metro cúbico

kN - quilonewton

kN/m² - quilonewton por metro quadrado

m - metro

m/s - metros por segundo

m² - metro quadrado

m³/m² - metro cúbico por metro quadrado

mm - milímetros

MPa - megapascal

t - tonelada

ng - Nanograma

Pa - Pascal

°C - graus celsius

s - segundo

∅ - diâmetro

2 OBJETIVO

Este Manual Técnico de Lajes Mistas Nervuradas Tuper tem como objetivo, por meio de amplo conteúdo, orientar profissionais que atuam na área da construção civil a projetar e executar o sistema em seus projetos, fornecendo informações técnicas detalhadas, tabelas e gráficos ilustrativos e descrevendo as diversas vantagens do produto.

O sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper é sinônimo de qualidade, economia e segurança. Composto por vigotas metálicas fabricadas com aço estrutural de alto desempenho, elemento de enchimento (EPS) e concreto moldado *in loco*, garante a resistência necessária para estruturar a edificação, com segurança e praticidade.

Utilizar o sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper é garantia de tecnologia, economia de insumos e escoramento e, principalmente, agilidade no processo de execução na fase estrutural da obra.

Recomendamos a utilização das informações contidas neste manual para a boa aplicação do sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper, e para obter os melhores resultados de acordo com cada projeto.

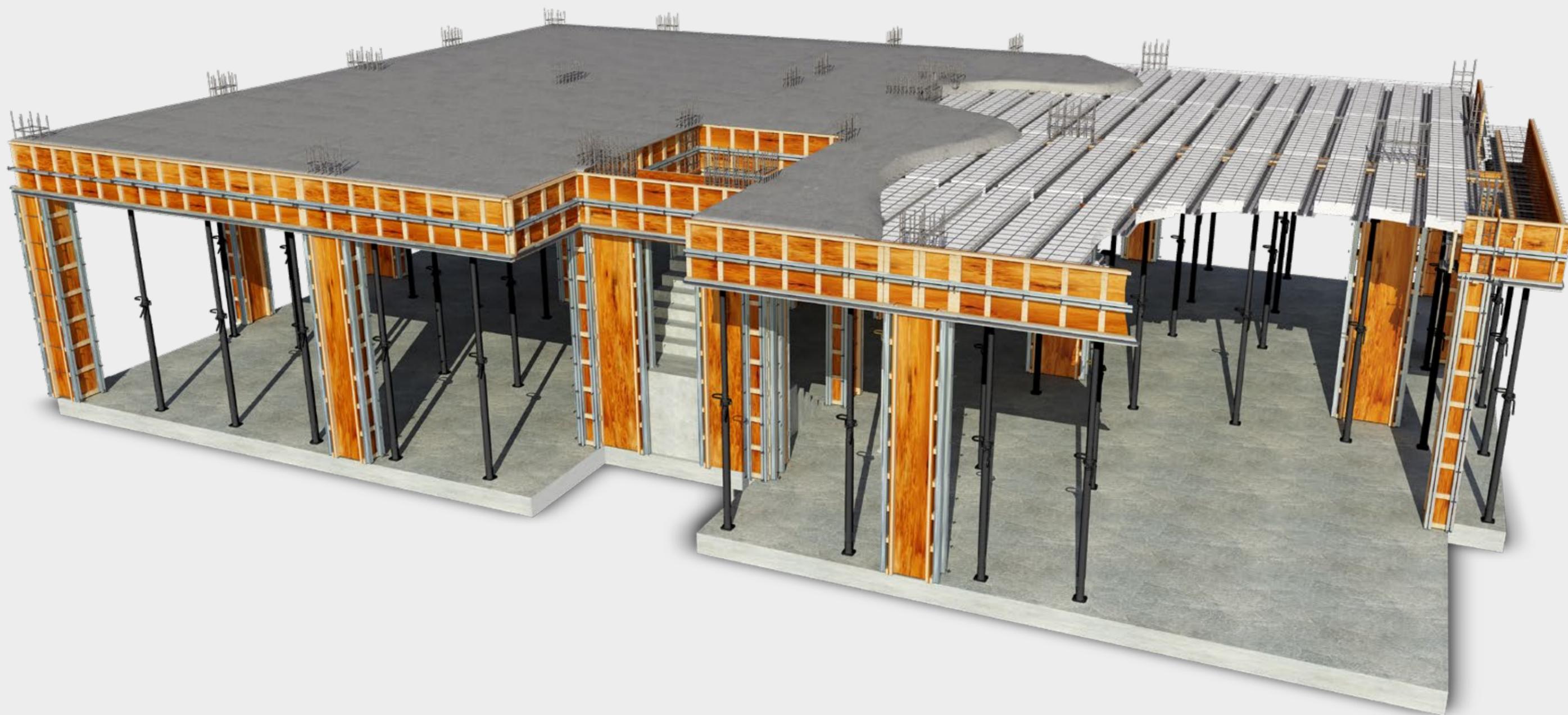
PATENTES NO BRASIL:

PATENTEADO



- Laje Mista Nervurada
- Solução Pino Pendural





CAPÍTULO 3

LAJES MISTAS
NERVURADAS TUPER

3 LAJES MISTAS NERVURADAS TUPER

A laje mista de aço e concreto, também conhecida como laje fôrma de aço incorporado, é aquela em que o concreto, em conjunto com a fôrma de aço, trabalha estruturalmente. Normalmente com espessuras variando entre 0,65 mm, 0,80 mm e 1,25 mm, age como armadura de tração da laje. Na fase final, antes do concreto atingir 75% da resistência à compressão requerida, a fôrma de aço resiste isoladamente às ações permanentes e à sobrecarga da construção.

A laje nervurada é um sistema inovador, que se sobressai pelo fato de ser prática, econômica e racionalizar a matéria-prima e a mão de obra. É mais competitiva em estruturas de vãos médios a elevados, garantindo mais rapidez na execução e redução do peso total da estrutura.

O sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper é composto basicamente por vigotas metálicas fabricadas com aço estrutural galvanizado de alto desempenho, elementos de enchimento, armadura de distribuição e concreto moldado *in loco*. Oferece vantagens como resistência, praticidade, agilidade no processo de montagem, economia no uso de escoramentos e redução da mão de obra nos prazos de execução da fase estrutural.

3.2 - VIGOTA METÁLICA

As vigotas são fabricadas com chapas de aço estrutural ZAR 345 pelo processo de imersão a quente, nas espessuras de 0,65 mm, 0,80 mm e 1,25 mm, fornecidas no revestimento Z275 (275 g/m² de revestimento depositado em ambas as faces) que atendam aos requisitos da NBR 7800 (chapas e bobinas de aço revestidas com zinco).

Durante o período de montagem e concretagem, atuam como fôrma metálica, resistindo ao peso próprio e às cargas de trabalho. Após a cura, as vigotas metálicas são incorporadas ao concreto devido às saliências (mossas) que contém, aumentando a resistência ao cisalhamento longitudinal na interface dos materiais formando um sistema misto que, na maioria das vezes, dispensa a armadura positiva adicional.

Características do Aço da Vigota Metálica

Norma Técnica	NBR 7008
Grau	ZAR - 345
Fy	345 MPa
Fu	430 MPa
Alongamento Mínimo	12%
Revestimento	Z275

Tabela 3.1

3.1 - VANTAGENS E BENEFÍCIOS

- Representa 20% do peso das tradicionais vigotas pré-fabricadas treliçadas.
- Possibilita a execução de lajes uni e bidirecionais.
- Redução de mais de 40% da mão de obra na montagem da laje.
- Menor consumo de concreto e aço.
- Redução de 30% do peso em relação às lajes maciças.
- Pode ser utilizada em obras residenciais, comerciais e industriais.
- Otimização do espaço de estoque na obra.
- Praticidade e agilidade no processo de montagem.
- Fabricação seriada idêntica, evitando recortes na obra; entrega conforme cronograma.
- Economia no uso de escoramentos.
- Facilidade nas passagens de dutos e instalações.
- Atendemos a todo o Brasil.
- Disponível em softwares de projetos estruturais.
- Equipe especializada para apoio técnico.
- Aplicação em todos os sistemas construtivos: concreto armado, estrutura metálica, estrutura pré-moldada, alvenaria estrutural, painel monolítico e modelo construtivo ICF (*Insulating Concrete Forms*).

Características Geométricas das Vigotas Metálicas

Espessura Nominal [mm]	Espessura de Cálculo [mm]	Área Líquida [cm ²]	Área de Aço Considerada [cm ²]	Peso [kg/m]
0,65	0,61	1,89	1,30	1,79
0,80	0,76	2,36	1,70	2,20
1,25	1,21	3,75	2,70	3,43

Tabela 3.2

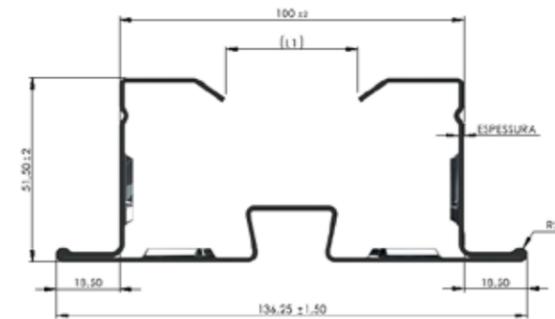


Figura 3.1



Figura 3.2

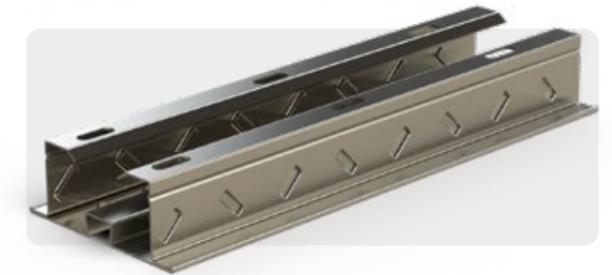


Figura 3.3

3.3 - ELEMENTO DE ENCHIMENTO - EPS

O poliestireno expandido (EPS) é uma matéria-prima derivada do petróleo, atóxico e 100% reciclável. Leve e resistente, dá origem a produtos mais econômicos, seguros, de fácil manuseio e com a possibilidade de produção sob medida, de acordo com a necessidade de cada projeto.

É utilizado sem função estrutural para atribuir a forma nervurada às lajes, sem acréscimo significativo de peso à estrutura. Os enchimentos também agregam variabilidade geométrica às lajes, possibilitando principalmente a alteração de modelos em unidirecional ou bidirecional, das medidas do entre-eixo e da altura final da laje.

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

Com produtos inovadores em diversos segmentos de mercado, a Tuper oferece soluções em EPS de acordo com a NBR 11752. O tipo de material de enchimento a ser utilizado depende da necessidade e da altura final da laje, geralmente fornecidas nas densidades T1F, T2F e T3F.

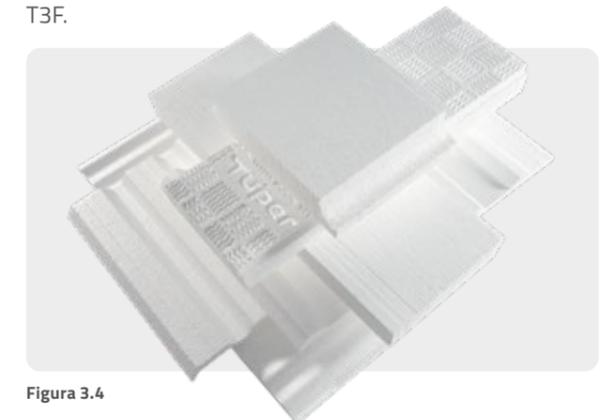


Figura 3.4

Propriedades do EPS

Propriedades	Método de Ensaio	Unidade	EPS 1	EPS 2	EPS 3
Densidade mínima	ABNT NBR 11949 / ABNT NBR 16866	kg/m ³	10	12	15
Condutividade térmica aparente máxima (24° C)	ASTM C 177 ou ASTM C 518	W/ (m.K)	0.046	0.046	0.040
Tensão mínima por compressão com deformação de 10%	ABNT NBR 16866	kpa	35	35	69
Resistência mínima à flexão	ASTM C 203 / ABNT NBR 16866	kPa	50	70	173
Absorção máxima de água	ASTM C 272 / ABNT NBR 16866	% em volume	6	4	4
Permeância máxima ao vapor da água em 25,4 mm	ASTM E 96/E 96M	ng/Pa.s.m ²	345	287	287
Estabilidade dimensional	ASTM D 2126	%	2.0	2.0	2.0
Ignitabilidade	EN ISO 11925-2	Fs ≤ 150 mm em 20 s			

Tabela 3.3

As alturas podem ser padronizadas conforme tabela abaixo:

Dimensões EPS*

Altura Total da Laje [cm]	Altura do Elemento de Enchimento [cm]	Largura do Elemento de Enchimento [cm]	Comprimento do Elemento de Enchimento [cm]
12	7	30/40	100/120
	8	30/40	100/120
16	11	30/40/50	100/120
	12	30/40/50	100/120
20	15	30/40/50	100/120
	16	30/40/50	100/120
25	20	30/40/50	100/120
30	25	30/40/50	100/120

Tabela 3.4

*As dimensões do EPS são padronizadas, mas podem ser produzidos modelos especiais de acordo com a necessidade de cada projeto mediante acordo prévio entre fornecedor e comprador, desde que atendidas todas as demais disposições da NBR 14859 e NBR 14860.

VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO EPS NAS LAJES

-  Podem ser **produzidos sob medida**
-  **Reduz o consumo** de aço e concreto
-  **Lajes mais leves**
-  **Menor prazo** para a montagem
-  **Economia** de mão de obra
-  Material **retardante a chama***
-  **Facilmente montável**
-  **100% reciclável**

*O EPS utilizado nas Lajes Mistas Nervuradas Tuper é do Tipo F não inflamável e pode ser chamado de autoextinguível ou retardante a chama. Possui um inibidor de combustão que, ao entrar em contato com a chama, contrai e dificulta a ignição. Quando ocorre exposição prolongada à chama, é possível dar-se a ignição do material, porém, a propagação tende a ser limitada.

EPS Unidirecional



Figura 3.5

EPS Bidirecional



Figura 3.6



EDIFÍCIO HAUS GARTEN · MARINGÁ · PR

3.4 - ARMADURA DE DISTRIBUIÇÃO

A armadura de distribuição é utilizada no controle da fissuração provocada por efeitos de retração e temperatura, proporcionando melhor distribuição das tensões. Essa armadura deve ser constituída preferencialmente por barras de alta aderência ou por tela soldada, sendo colocada geralmente a 20 mm abaixo do topo da capa.

Equivalência

Tela Soldada	Armadura <i>in loco</i>
Q61	Ø 5,0 mm c/30 cm
Q92	Ø 5,0 mm c/20 cm
Q138	Ø 5,0 mm c/15 cm

Tabela 3.5

Tipos de Tela Soldada

Especificação	Tipo	Malha	Ø [mm]	Largura [m]	Comprimento [m]	Peso [Kg]
Q61	Média	15x15	3,4	2,0	3,0	6,0
Q92	Reforçada	15x15	4,2	2,0	3,0	9,0
Q138	Pesada	10x10	4,2	2,0	3,0	13,2

Tabela 3.6

A seção mínima recomendada é de 0,9 cm²/m para aço CA 25 e de 0,6 cm²/m para os aços CA 50 e CA 60, contendo ao menos três barras por metro, conforme tabela abaixo adaptada da NBR 14860-1.

Taxa Mínima de Armadura de Distribuição

Aço	Área Mínima	Número de Barras/m	
		Ø 5,0 mm	Ø 6,3 mm
CA 25	0,90 cm ² /m	5	3
CA 50 e CA 60	0,60 cm ² /m	3	3

Tabela 3.7

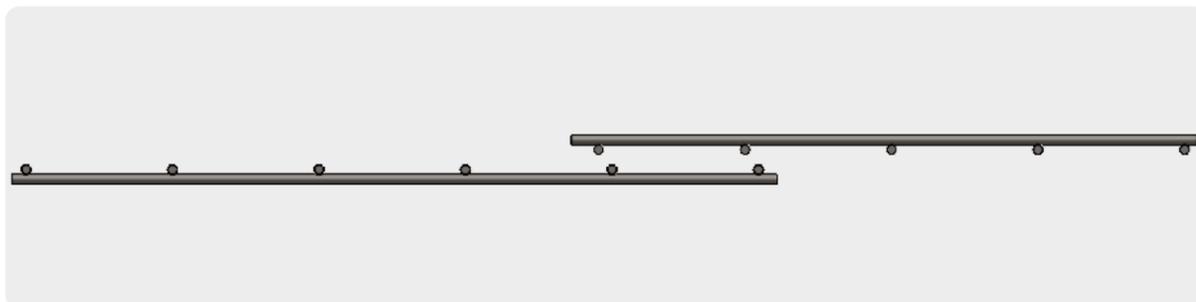


Figura 3.7 Detalhes de emenda

3.4.1 TELA SOLDADA

Em substituição às barras de aço moldadas *in loco*, recomenda-se a utilização de telas soldadas, que possuem diversas vantagens.

A seguir, conheça as vantagens da utilização da tela soldada.

Vantagens Técnicas:

- Homogeneidade dos diâmetros;
- Uniformidade no espaçamento dos fios;
- Boa aderência proporcionada por juntas soldadas e fios nervurados;
- Ancoragem segura;
- Inspeção facilitada;
- Correto posicionamento do material nas fôrmas;
- Controle de qualidade.

Vantagens Econômicas:

- Sem perdas por desbitolamento;
- Redução de perdas por corte e sobra de pontas;
- Não é necessário o uso do arame de amarração;
- O transpasse é menor do que na armadura convencional;
- Utilizada e quantificada por metro quadrado;
- Fácil recebimento e armazenagem;
- Fácil montagem;
- Redução de riscos de acidentes;
- Possibilita menor número de pessoas no canteiro de obras.

É importante ressaltar que essa armadura pode não ser suficiente para controlar a fissuração nos apoios intermediários da laje devido a tendência da continuidade estrutural. Nesses casos, a recomendação é consultar a NBR 6118 para dimensionamento de armadura negativa.

Recomenda-se o uso de espaçador circular plástico para EPS a fim de garantir a ideal cobertura na armadura de distribuição.



Figura 3.8 Espaçador circular plástico para EPS

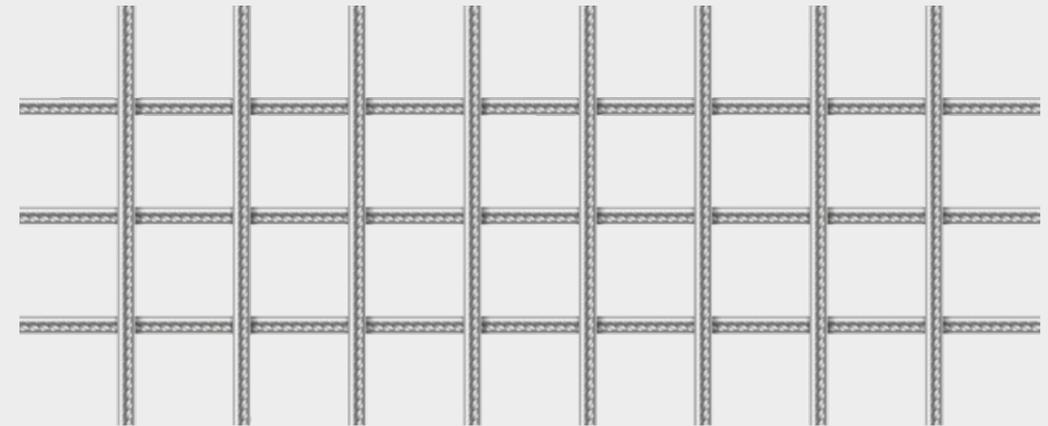


Figura 3.9 Tela soldada

3.5 - CONCRETO

O concreto é o material que irá fazer a ligação da nervura com a mesa de compressão da laje, de maneira a resistir aos esforços em serviço e distribuir as cargas nas nervuras. Recomenda-se, no mínimo, 4 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.

Segundo as orientações da NBR 6118, o concreto deverá ter resistência mínima à compressão de 20 MPa, porém não superior a 50 MPa. Em projetos estruturais devemos considerar o módulo de elasticidade do concreto nos cálculos de modo a garantir a segurança e a estabilidade global da estrutura. Portanto, a norma NBR 6118 apresenta uma tabela com valores estimados arredondados em função da resistência característica à compressão do concreto. Os valores são estimados considerando a utilização de granito como agregado graúdo.

Classe de Resistência Concreto

Classe de Resistência FCK	20	25	30	35
Eci (Gpa)	25	28	31	33
Ecs (Gpa)	21	24	27	29

Tabela 3.8

Capa Mínima Resistente para as Alturas Totais Laje

Altura Total da Laje (cm)	12	16	20	25	30
Espessura Mínima da Capa Resistente (cm)	4	4	4	5	5

Tabela 3.9



CAPÍTULO 4
CONSIDERAÇÕES
DE PROJETO

4 PROJETO E CARREGAMENTO

Inserido no software TQS a partir da versão 18, o sistema de Lajes Mistas Nervuradas Tuper proporciona facilidade na elaboração de projetos estruturais em concreto armado, sendo possível fazer o lançamento, a análise das verificações estruturais e o levantamento quantitativo do material necessário para a obra.



Para obter bons resultados em qualquer método construtivo aplicado em obras de todas as proporções, é recomendável a contratação de um profissional engenheiro estrutural, que conhece as necessidades técnicas para aplicação de soluções para cada caso. A seguir, é necessário identificar todas as informações detalhadas no projeto arquitetônico no que diz respeito a revestimentos de paredes, pisos, forros, elementos de fachada, materiais que serão utilizados na alvenaria e as dimensões de cada um desses elementos. Geralmente, o projeto trará detalhes e notas explicativas com os dados necessários. É importante que sejam indicadas as áreas com a identificação da utilização (jardim, terraço, depósito, etc.). Em alguns projetos, não há o desenho do revestimento, mas são citados em notas para orientar os projetistas no que se refere a dimensões de alvenaria e revestimentos.

Na sequência, há o levantamento das cargas de projeto

com base no projeto arquitetônico e nas tabelas de carregamento da norma NBR 6120. A partir desses elementos é possível iniciar a concepção estrutural e definir o sistema construtivo, a quantidade e o posicionamento dos pilares, vigas e lajes. O próximo passo é realizar o lançamento prévio para que sejam verificadas as tensões e deformações, e para retorno de comentários do cliente e do profissional de arquitetura. Com o projeto devidamente aprovado, é possível iniciar a produção das fôrmas definitivas e dimensionar detalhadamente todos os elementos da estrutura (blocos de fundação ou sapatas, vigas baldrame, lajes, pilares, entre outros). É importante ressaltar que, para a execução de qualquer tipo de obra, é recomendável a consulta a um profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) para que sejam devidamente observados todos os cuidados exigidos pelas normas técnicas e de segurança.

Para a composição dos carregamentos é adotada a seguinte divisão entre as cargas: permanente (peso próprio da estrutura, peso dos elementos construtivos fixos e instalações) e acidental (que pode atuar na estrutura dependendo da finalidade, considerando móveis, materiais diversos, veículos, pessoas etc.). Esta última é considerada atuando verticalmente nos pisos das construções e distribuídas uniformemente.

A seguir, a tabela de cargas acidentais adaptada da NBR 6120.

Carregamentos

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
Aeroportos ^a	Áreas de acesso público, circulações e sanitários	5	-
	Lojas, duty free	5	-
	Controle de passaportes, segurança, raios X	5	-
	Restituição de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos)	5	-
	Áreas administrativas	5	-
	Manipulação de bagagens (não inclui o peso próprio dos equipamentos)	10	-
	Áreas sujeitas ao tráfego de veículos (ver item 6.6 NBR 6120)		
Arquibancadas e tribunas ^{a,b}	Com assentos fixos	4	-
	Com assentos móveis	5	-

Tabela 4.1.1

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
Áreas técnicas ^{a,c}	Barrilete	1,5	d
	Áreas técnicas em geral (fora da projeção dos equipamentos), exceto barrilete	3	-
	Sala de ventiladores, pesserização, exaustores	3	-
	Sala de ar-condicionado (fan coil)	4	-
	Sala de painéis elétricos de baixa tensão	4	-
	Sala de gerador e transformador (com leiaute)	4	-
	Sala de gerador e transformador (sem leiaute)	10	-
	Sala de no-breaks	7,5	-
	Sala de baterias	10	-
	CPD (centro de processamento de dados)	5	-
	Casa de máquinas de elevador de passageiros (v ≤ 10 m/s)	30 ^{e,f}	g
	Casa de máquinas de elevador de passageiros (v > 10 m/s)	50 ^{e,f}	g
	Poço de elevador de passageiros	50 ^f	-
	Poço de plataforma de elevação motorizada para pessoas com mobilidade reduzida	2,5 ^h	-
Balcões, sacadas, varandas e terraços ^{i,j}	Residencial	2,5	-
	Comercial, corporativo e escritórios	3	-
	Com acesso público (hotéis, hospitais, escolas, teatros etc.)	4	-
Bancos, agências bancárias, instituições financeiras ^a	Escritórios	2,5	-
	Sanitários	2	-
	Salas de diretoria e de gerência	2,5	-
	Cofre (validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta tabela)	30	-
	Agência (área de atendimento ao público)	3	-
	Regiões de arquivos deslizantes	5	-
	Regiões de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicos	12	k
	Áreas técnicas (ver item áreas técnicas nesta tabela)		
	Centro de processamento de dados (ver áreas técnicas)		
Bibliotecas ^a	Sala de leitura (sem estante)	3	-
	Sala de leitura (com estante)	4	-
	Sala com estante de livros l	6 kN/m ² para estantes até 2,2 m de altura + 2 kN/m ² por metro de altura de estante que ultrapassar 2,2 m	-
	Regiões de arquivos deslizantes	5	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Sanitários	2	-
	Corredores	3	-

Tabela 4.1.2

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
Centro de convenções e locais de reunião de pessoas ^a , teatros ^a , igrejas ^a	Plateia com assentos fixos	4	-
	Plateia com assentos móveis	5	-
	Sanitários	2	-
	Acessos, corredores	5	-
	Plataformas (assembleia)	5	-
	Palco (área de apresentação)	5	-
Centro de exposição ^a	Acesso exclusivo de pessoas	5	-
	Área de estandes de exposição	10 ^m	-
As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta tabela	Área de exposição de veículos e equipamentos	30 ^m	-
Cinemas ^a (não inclui cinemas de shopping centers)	Plateia com assentos fixos	4	-
	Sanitários	2	-
	Acessos, corredores	4	-
Clubes ^a	Refeitórios	3	-
	Sala de assembleia com assentos fixos	4	-
	Sala de assembleia com assentos móveis	5	-
	Academia	5	-
	Salão de esportes	5	-
	Salão de danças	5	-
	Salão de bilhar, sala de jogos	3	-
	Pista de boliche	4	-
	Sanitários, vestiários	2	-
	Cozinhas	3	-
	Depósitos	5	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Corredores	3	-
	Quadras esportivas	5	-
Lavanderias (ver item nesta tabela)		-	
Coberturas ^{a,g,n,o}	Com acesso apenas para manutenção ou inspeção	1	g
Cargas para estruturas de concreto armado, misto de aço e concreto e alvenaria estrutural. Outras coberturas: ver item 6.4 NBR 6120	Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas	1,5	g
	Outros usos: conforme item pertinente desta tabela.		
Cozinhas não residenciais ^a	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta tabela	3	-
	Câmara fria	5	-
Depósitos de uso geral ^a	Validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta tabela	7,5 kN/m ² até 2,5 m de altura de estoque + 3 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente p	q

Tabela 4.1.3

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta tabela	Locais sujeitos ao acúmulo de mercadorias, incluindo zonas de acesso	7,5	q
	Materiais de armazenagem (ver item 6.9 NBR 6120)		
	Supermercados (ver item nesta tabela)		
Edifícios residenciais	Dormitórios, sala, copa, cozinha, sanitários, corredores dentro de unidades autônomas	1,5	-
	Despensa, área de serviço, lavanderia	2	-
	Quadras esportivas	5 ^a	-
	Salão de festas, salão de jogos, áreas de uso comum, academia	3 ^a	-
	Forro acessível apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	-
	Sótão	2 ^a	-
	Corredores de uso comum, depósitos	3	-
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		-
	Jardins (ver item nesta tabela)		-
Edifícios comerciais, corporativos e de escritórios	Salas de uso geral, sanitários e corredores dentro de unidades autônomas	2,5	-
	Regiões de arquivos deslizantes	5	-
	Call center, corredores de uso comum	3	-
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		-
	Jardins (ver item nesta tabela)		-
Edificações industriais ^{a,5}	Área de produção, processos, maufatura etc	Ver item 6.8 NBR 6120	Ver item 6.8 NBR 6120
As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta tabela	Refeitórios, cozinhas, corredores	3	-
	Sanitários, vestiários	2	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		-
Escadas e passarelas ^t	Hospitais	3	-
	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	-
	Residenciais, hotéis (uso comum)	3	-
	Edifícios comerciais, clubes, escritórios, bibliotecas	3	-
	Centros de exposição	5	-
	Centros de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas	5	-
	Escolas	3	-
	Cinemas, centros comerciais, shopping centers	4	-
	Servindo arquibancadas	5	-
	Com acesso público	3	-
Sem acesso público	2,5	-	
Escolas, instituições de ensino ^a	Auditórios com assentos fixos	4	-
	Auditórios com assentos móveis, salão de esportes, academia, salão de danças, depósitos, regiões de arquivos deslizantes, quadras esportivas	5	-
	Corredor, sala de aula, cafés, restaurantes, cozinhas e laboratórios	3	-
	Salas administrativas, dormitórios	2,5	-

Tabela 4.1.4

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
Estações de passageiros ^a	Acessos, escadas, corredores e plataformas (estações de trens, metrô, ônibus, portos)	5	q
	Aeroportos (ver item nesta tabela)		
	Áreas sujeitas ao tráfego de veículos (ver item 6.6 NBR 6120)		
Forros	Acessíveis apenas para manutenção e sem estoque de materiais	0,1 ^{a,r}	-
Garagens, estacionamentos ^a	Ver item 6.6.1 da NBR 6120	-	-
Ginásio de esportes ^a		5	-
Helipontos ^a	Ver item 6.7 da NBR 6120	-	-
Hospitais As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta tabela	Dormitórios, enfermaria, sala de recuperação, sanitários	2	-
	Sala de raios X, sala de cirurgia, laboratório, sala de refeição, café, restaurante	3 ^a	-
	Corredores	3	-
	Depósitos	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^{a,p}	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		
Hotéis	Dormitórios, sanitários dentro de unidades autônomas, corredores de unidades autônomas	1,5	-
	Demais sanitários, vestiários	2	-
	Salão de esportes, academia, sala de assembleia com assentos móveis, depósitos	5 ^a	-
	Salão de festas, salão de jogos, áreas de uso comum, restaurante, cozinhas	3 ^a	-
	Corredores de uso comum	3	-
Instituições penais ^a	Celas	3	-
	Corredores	3	-
	Sanitários	2	-
	Salas administrativas	2,5	-
Jardins ^{a,u}	Com possibilidade de acesso de pessoas	3	-
	Sem possibilidade de acesso de pessoas (somente acesso de manutenção)	1	-
Laboratórios ^a	Incluindo equipamentos - validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta tabela	3	-
Lavanderias não residenciais ^a	Incluindo equipamentos - validar caso a caso, respeitando o valor mínimo indicado nesta tabela	3	-

Tabela 4.1.5

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN	
Lojas ^a , centros comerciais ^a , shopping centers ^a	Circulações e lojas em geral	4	-
	Lojas com mezanino metálico (inclui o peso próprio do mezanino e sua carga de uso)	7,5	20 ^v
	Mezanino metálico (apenas carga de uso)	2	-
	Praça de alimentação - área de público	5	-
	Praça de alimentação - área de cozinhas e serviços	7,5	-
	Cinema e teatro (apenas carga de uso, plateia com assentos fixos)	4	-
	Cinema e teatro (acessos e corredores)	4	-
	Cinema e teatro (piso que o suporta)	12,5 ^w	50 ^v
	Sanitários	2	-
	Depósitos	5	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Regiões de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicas	12	k
Museus ^a , galerias de arte ^a	Supermercados (ver item nesta tabela)		
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		
	Áreas de exposição	3	-
	Sanitários	2	-
As cargas devem ser validadas caso a caso, porém com os valores mínimos indicados nesta tabela	Depósitos, acessos, corredores	5	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Salão	3	-
Restaurantes ^a	Sanitários	2	-
	Depósitos, acessos, corredores	5	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Cozinha (ver item nesta tabela)		
	Salão de vendas com gôndolas, balcões com ou sem refrigeração	8	q
Supermercados ^{a,y}	Salão de vendas com porta-paletes	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 3 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^p	q,z
	Depósitos (com ou sem porta-paletes)	20 kN/m ² até 3 m de altura de estoque + 5 kN/m ² por metro de altura de estoque excedente ^p	q,z
	Padaria, açougue, peixaria, frios e demais áreas de manipulação de alimentos	8	q
	Áreas de caixas (check-outs)	4	q
	Sanitários	2	-
	Salas administrativas	2,5	-
	Região de terminais de autoatendimento, caixas eletrônicas	12	k
	Salas-cofre, salas-forte	10 ^x	-
	Áreas técnicas (ver item nesta tabela)		-

Tabela 4.1.6

Local	Carga Uniformemente Distribuída kN/m ²	Carga Concentrada kN
Sem acesso público	11,5	-
Com acesso público	3	-
Vestíbulos (acessos) ^a		
Residenciais, hotéis, hospitais (uso comum), edifícios comerciais, corporativos e de escritórios, clubes, escolas, bibliotecas	3	-
Centro de convenções e locais de reunião de pessoas, teatros, igrejas, servindo arquibancadas	5	-
Cinemas, centros comerciais, shopping centers	4	-

Tabela 4.1.7

- ^a Redução de cargas variáveis não permitida.
- ^b Deve-se considerar forças horizontais conforme item 6.3 NBR 6120. Devem ser verificados os efeitos dinâmicos.
- ^c Deve-se verificar o trajeto dos equipamentos até o local definitivo, para instalação ou manutenção. A carga móvel corresponde ao equipamento e veículo de transporte poder ser considerados como especiais, conforme a NBR 8681. Deve ser avaliada a possibilidade de movimentação dos equipamentos e seus componentes dentro da área técnica. Caso se disponha do leiaute dos equipamentos, é possível substituir a carga distribuída indicada pela carga máxima em operação dos equipamentos e suas bases, juntamente com a carga uniformemente distribuída indicada fora da projeção dos equipamentos. Para elevadores sem casa de máquinas, deve-se considerar o peso máximo em operação dos equipamentos atuando seus pontos de apoio, conforme o projeto do elevador.
- ^d Prever cargas devido a tanques, reservatórios, bombas, etc. (com suas respectivas bases), distribuídas na área da projeção desses itens.
- ^e Carga na projeção do poço do elevador.
- ^f As forças impostas pelo motor, guias, para-choques, polias, etc., a serem fornecidas pelo fabricante do elevador de passageiros, devem ser calculadas conforme a NBR NM 207.
- ^g Para o teto da casa de máquinas de elevadores, verificar a necessidade de prever cargas concentradas variáveis para os ganchos de suspensão dos equipamentos (mínimo 40 kN por gancho).
- ^h Carga variável, não inclui o peso próprio da plataforma elevatória.
- ⁱ Conforme o caso, deve-se prever cargas adicionais devido a mudanças futuras, por exemplo: fechamento com vidro, nivelamento de piso, mudança de uso, etc.
- ^j Nas bordas de balcões, varandas, sacadas e terraços com guarda-corpo, prever carga variável de 2 kN/m, além do peso próprio do guarda-corpo. Considerar também forças horizontais variáveis conforme item 6.3 da NBR 6120.
- ^k Deve-se verificar a ação dos equipamentos como carga concentrada, representada por uma carga uniformemente distribuída de 18,5 kN/m² apenas na projeção dos equipamentos (0,90 m x 0,60 m).
- ^l A carga se aplica a salas de estantes com dupla face, não móveis e: a) profundidade máxima de 30 cm em cada face; b) linhas paralelas de estantes separadas por corredor com no mínimo 90 cm de largura.
- ^m Carga característica nominal mínima, devendo ser aumentada conforme a expectativa de peso dos itens a serem expostos e eventual tráfego de veículos.
- ⁿ Inclui tampas de reservatório de concreto armado no topo de edifícios.
- ^o Verificar possibilidade de acúmulo de água, conforme item 5.5 da NBR 6120.
- ^p Altura de estoque corresponde ao pé-direito máximo disponível para empilhamento de produtos. Pode ser limitado por forros ou outros dispositivos que impeçam o empilhamento de produtos além da altura prevista.
- ^q Pode ser necessária verificação específica para ações de equipamentos especiais, conforme o caso. Havendo possibilidade de tráfego de empilhadeiras ou similares, a estrutura deve ser verificada conforme item 6.6.2 da NBR 6120.
- ^r Para forros inacessíveis e sem possibilidade de estoque de materiais, não é necessário considerar cargas variáveis devido ao uso.
 - ^s Devido a grande variabilidade de cargas em edificações industriais, é imprescindível, validar as cargas efetivas que atuam sobre a estrutura, segundo os usos das áreas específicas.
- ^t Nas escadas com trechos em balanço, devem ser verificados os efeitos da alternância das cargas. Para degraus isolados em balanço ou biapoiados, calcular o degrau com carga concentrada de 2,5 kN aplicada na posição mais desfavorável. A verificação com carga concentrada deve ser feita separadamente, sem consideração simultânea da carga variável uniformemente distribuída. Passarelas não inseridas nas edificações não fazem parte do escopo desta Norma, devendo-se consultar a NBR 7188.
- ^u Para cargas de uso, além das cargas permanentes (impermeabilização, solo e plantio). Deve ser previsto sistema de drenagem adequado.
- ^v Pode-se considerar a carga concentrada aplicada em uma área de 20 cm x 20 cm (Qk ≤ 20 kN) ou 30 cm x 30 cm (Qk > 20 kN). O valor da carga concentrada pode ser alterado conforme o caso.
- ^w Inclui carga de uso, estrutura da arquibancada e outros usos sob a arquibancada. Validar conforme o projeto e expectativas de utilização.
- ^x Caso as salas-forte ou salas-cofre estejam detalhadas em projeto (incluindo as espessuras de piso, teto e paredes), a carga variável devido ao uso poder adotada como 2,5 kN/m².
- ^y Para supermercados e hipermercados com salões de vendas com gôndolas e balcões com ou sem refrigeração, supõe-se a venda de produtos alimentícios e outros produtos típicos desses locais. Lojas de equipamentos pesados, materiais de construção (home centers), etc., devem ter cargas de projeto definidas caso a caso.
- ^z Considera-se a utilização de paletes médios (carga de utilização de 8 kN a 12 kN, com valor médio de 10 kN) e dimensões em planta de 1,00 m x 1,20 m, conforme a NBR 8334. Para estruturas sujeitas ao uso de paletes pesados (carga de utilização superior a 12 kN), deve ser realizado estudo específico. As cargas desta Norma não se aplicam ao projeto de porta-paletes e afins, que devem ser projetados conforme critérios específicos. Devem ser verificados os efeitos das reações de apoio dos porta-paletes (forças e momentos concentrados, se houver).

4.1 - INFLUÊNCIA DA CARGA DE PAREDES

As tabelas a seguir, adaptadas da NBR 6120, apresentam as cargas de paredes e divisórias mais comumente utilizadas.

Divisória		
Material	Espessura Nominal do Elemento cm	Peso kN/m ²
Drywall (composição: montantes metálicos, quatro chapas com 12,5 mm de espessura cada e isolamento acústico com lâ de rocha ou lâ de vidro com 50 mm de espessura)	7 a 30	0,5

Tabela 4.2

Alvenaria				
Alvenaria	Espessura Nominal do Elemento	Peso - Espessura de Revestimento por Face kN/m ²		
		0 cm	1 cm	2 cm
Bloco de concreto vazado (Classe C - NBR 6136)	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,4	1,8	2,2
	19	1,8	2,2	2,6
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

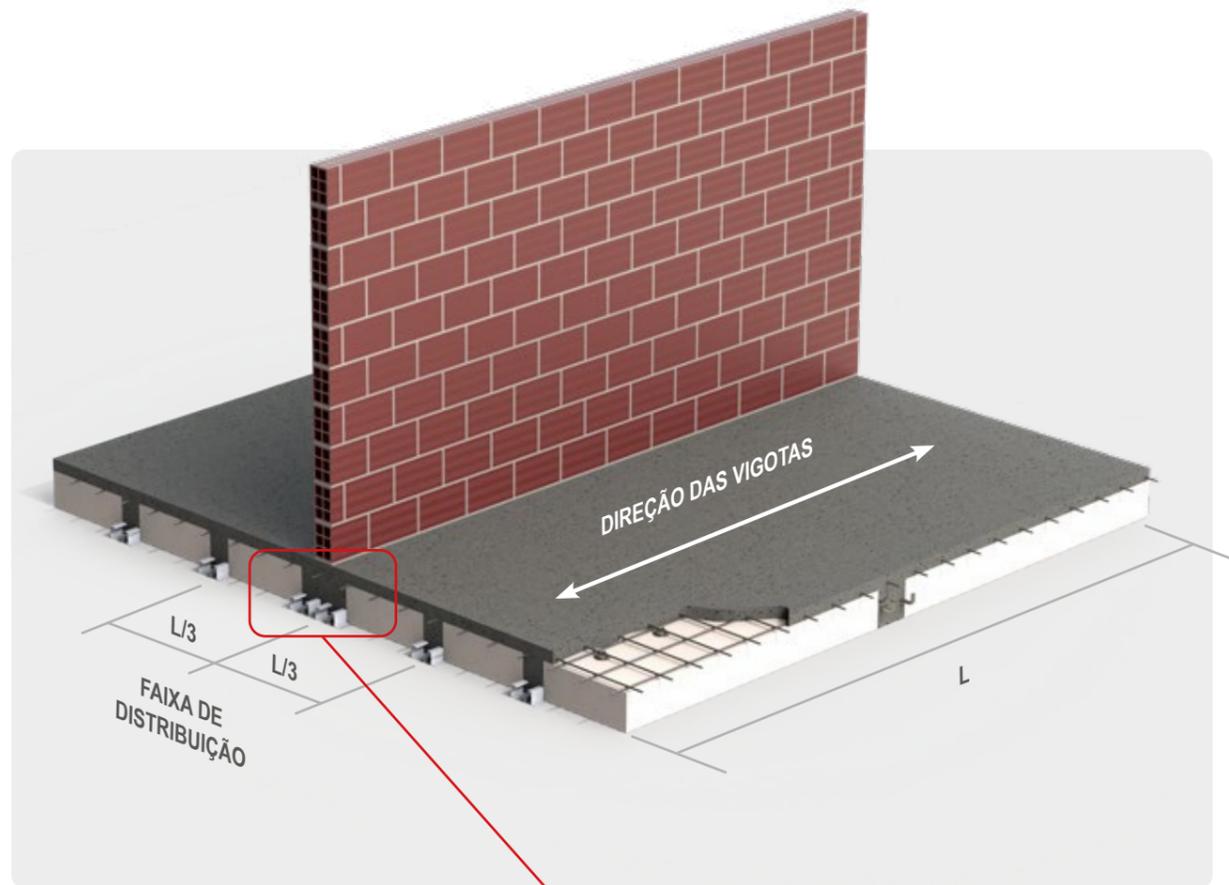
Tabela 4.3



4.2 - PARALELAS ÀS VIGOTAS

Quando a parede é apoiada sobre a laje paralelamente às vigotas, calcula-se uma carga distribuída equivalente, correspondente à parede, para a faixa de distribuição em que a largura nunca deverá exceder a relação 2/3L (figura 4.1). A carga distribuída equivalente é calculada

dividindo-se o peso da parede pela área da faixa de distribuição. Caso existam mais paredes paralelas às vigotas em um mesmo painel, as faixas de distribuição serão limitadas pela metade da distância que as separa, de modo que não ocorra sobreposição de duas faixas e a carga equivalente adotada será a de maior valor obtida para o painel em estudo.



REFORÇO COM VIGOTAS JUSTAPOSTAS SOB A PAREDE



Figura 4.1

4.3 - PERPENDICULAR ÀS VIGOTAS

Quando a parede é apoiada sobre a laje perpendicularmente às vigotas, a carga distribuída equivalente é calculada dividindo-se o peso da parede pela área da faixa de distribuição, que neste caso corresponde a 1/2L (figura 4.2). Se existirem mais paredes perpendiculares num mesmo painel, as faixas de distribuição serão limitadas pela metade da distância que as separa e a carga equivalente adotada será a de maior valor obtida para o painel em estudo.

A norma também prevê as situações não experimentais, ou seja, 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.

A tabela a seguir adaptada da NBR 6120, fornece o peso específico dos materiais utilizados em paredes e revestimentos.

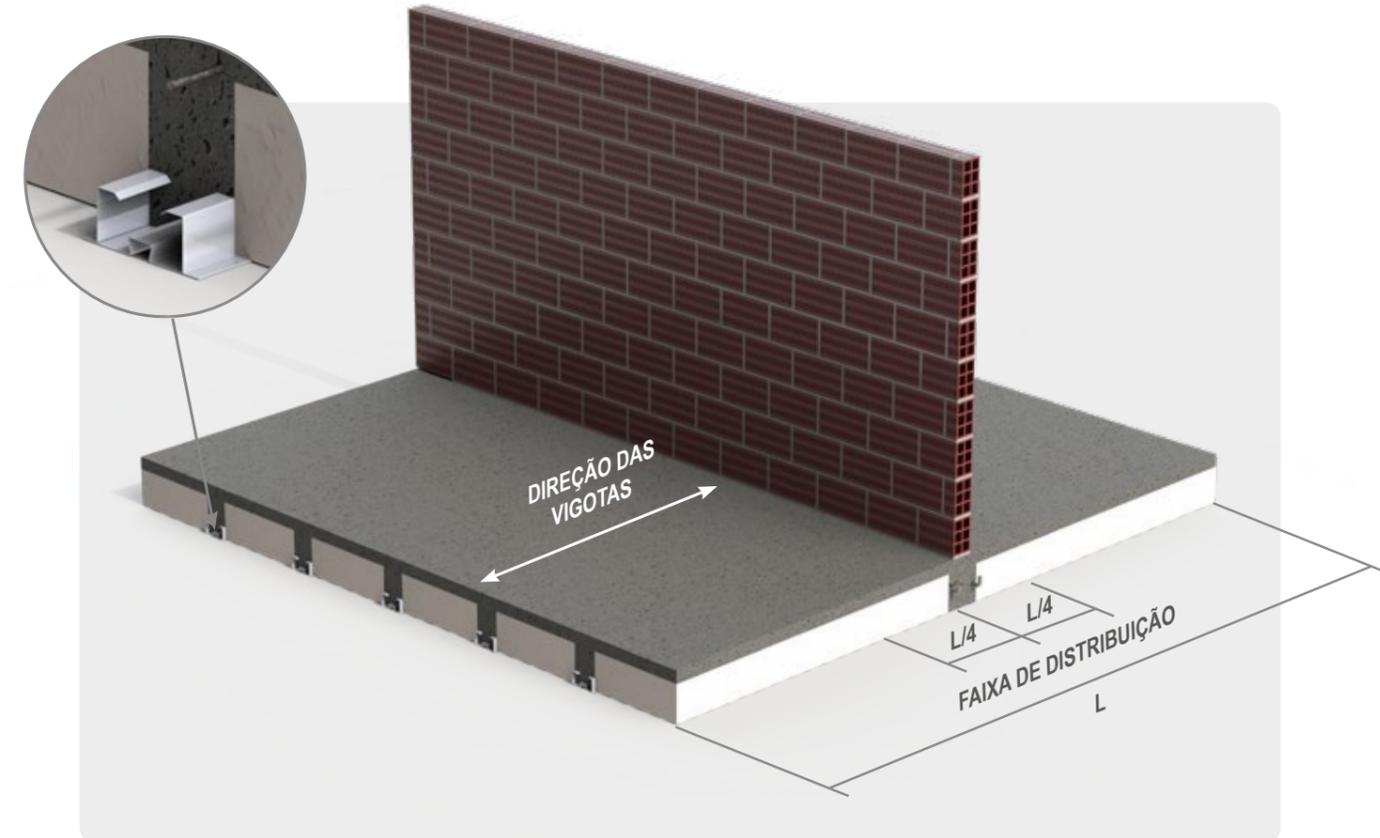


Figura 4.2

Pesos Específicos dos Materiais de Construção (Adaptado da NBR 6120)

Materiais		Peso Específico Aparente kgf/m³
Blocos Artificiais	Blocos de argamassa	2200
	Cimento amianto	2000
	Lajotas cerâmicas	1800
	Tijolos furados	1300
	Tijolos maciços	1800
	Tijolos cilíndricos-calcários	2000
Revestimentos	Argamassa de cal, cimento e areia	1900
	Argamassa de cimento e areia	2100
	Argamassa de gesso	1200
	Concreto simples	2400
	Concreto armado	2500

Tabela 4.4

4.4 - DETERMINAÇÃO DA SOBRECARGA

Para a utilização das tabelas de dimensionamento das Lajes Mistas Nervuradas Tuper, a sobrecarga deve ser calculada pela somatória das cargas atuantes na laje, exceto o peso próprio (já considerado nos cálculos), e determinada conforme segue:

Carga Acidental: + (Ver tabela 4.1)

Cargas Permanentes:

- + Revestimentos
- + Impermeabilização
- + Enchimentos
- + Paredes
- + Telhados
- + Outras
- = SOBRECARGA

OBS.: na utilização das tabelas de dimensionamento de Lajes Mistas Nervuradas Tuper, o peso próprio da laje não deve ser adicionado no cálculo da sobrecarga, uma vez que já foi considerado nos cálculos.

4.5 - RELAÇÃO DE CONFORTO

Recomenda-se que a altura das lajes utilizadas como piso não seja inferior a 3% do vão efetivo. Este cuidado deve ser tomado para evitar que os ruídos e vibrações resultantes do deslocamento sobre a laje sejam prejudiciais ao conforto.

Altura da Laje > 3% VÃO	Menos ruídos
	Menos vibrações
	Mais conforto

4.6 - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DAS TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DA LAJE

Dimensionar uma laje destinada a uso como sala de aula, que receberá revestimento de piso com 1,0 kN/m² e forro com 0,5 kN/m². Considerar que o vão livre é de 6,00 m e as vigas de apoio têm 20 cm de largura. Há uma alvenaria apoiada sobre toda a extensão do painel, perpendicular à direção das vigotas, conforme figura a seguir.

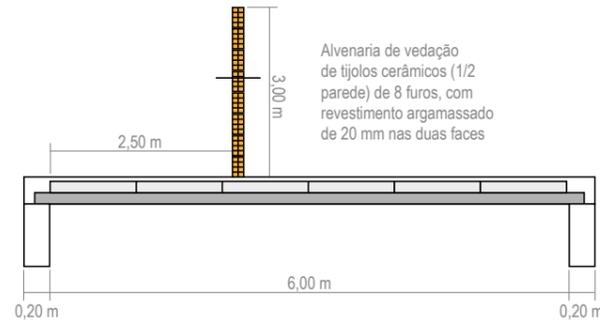


Figura 4.3 - Esquema de laje para exemplo de dimensionamento

Solução:

Determinando a Sobrecarga da Laje

Tabela 4.1.4 > escola - salas de aula > Carga acidental	3,0 kN/m ²
Carga do revestimento do piso	1,0 kN/m ²
Carga do revestimento do forro	0,5 kN/m ²
Carga da alvenaria (tabela 4.4)	1,3 kN/m ²
Sobrecarga	5,8 kN/m²

Arredondamento da sobrecarga para 6,0 kN/m², pois nas tabelas este valor varia a partir de 0,5 kN/m².

A carga equivalente da alvenaria é calculada conforme segue:

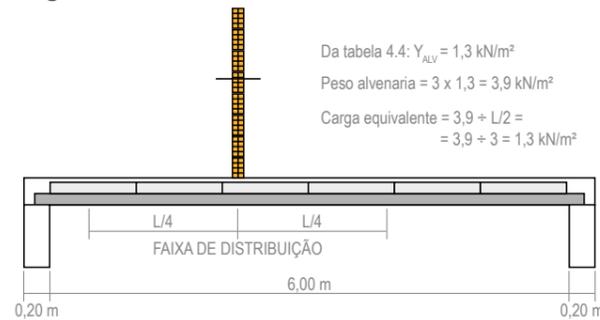


Figura 4.4 - Determinação da carga equivalente a alvenaria

Determinando o Vão efetivo da Laje:

$$L_{ef} = L_0 + a_1 + a_2$$

Como ainda não sabemos qual deverá ser a altura total da laje, arbitramos uma altura total de 25 cm.

a₁: menor valor entre $t_1/2$ e $0,3 H_t = 7,5$ cm

a₂: menor valor entre $t_2/2$ e $0,3 H_t = 7,5$ cm

$$L_{ef} = l_0 + a_1 + a_2$$

$$L_{ef} = 600 + 7,5 + 7,5 = 615 \text{ cm}^*$$

*Caso a altura da laje seja maior que arbitrada inicialmente, o vão efetivo deverá ser recalculado para a nova altura.

4.7 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE LAJE

Características do Sistema de Laje Bidirecional

Modelo	H [cm]	hf [cm]	IE [cm]	Altura EPS [cm]	Largura EPS [cm]	Consumo de Concreto [m ³ /m ²]	Peso Laje [kg/m ²]
BI H16 (12+4)	16	4	40	12	30	0,0847	262
	16	4	50	12	40	0,0761	233
	16	4	60	12	50	0,0697	213
BI H16 (11+5)	16	5	40	11	30	0,0903	276
	16	5	50	11	40	0,0826	249
	16	5	60	11	50	0,0768	230
BI H20 (16+4)	20	4	40	16	30	0,0102	306
	20	4	50	16	40	0,0902	269
	20	4	60	16	50	0,0814	244
BI H20 (15+5)	20	5	40	15	30	0,1077	320
	20	5	50	15	40	0,0967	285
	20	5	60	15	50	0,0885	261
BI H25 (21+4)	25	4	40	21	30	0,1237	361
	25	4	50	21	40	0,1078	315
	25	4	60	21	50	0,0959	282
BI H25 (20+5)	25	5	40	20	30	0,1294	375
	25	5	50	20	40	0,1143	330
	25	5	60	20	50	0,103	299
BI H30 (26+4)	30	4	40	26	30	0,1454	416
	30	4	50	26	40	0,1254	360
	30	4	60	26	50	0,1104	321
BI H30 (25+5)	30	5	40	25	30	0,151	430
	30	5	50	25	40	0,1319	376
	30	5	60	25	50	0,1175	338

Tabela 4.5

Características do Sistema de Laje Unidirecional

Modelo	H [cm]	hf [cm]	IE [cm]	Altura EPS [cm]	Largura EPS [cm]	Consumo de Concreto [m³/m²]	Peso Laje [kg/m²]
H12 (8+4)	12	4	30	8	20	0,0667	187,15
	12	4	40	8	30	0,0600	165,64
	12	4	50	8	40	0,0560	152,74
H16 (12+4)	16	4	30	12	20	0,0800	220,85
	16	4	40	12	30	0,0700	191,06
	16	4	50	12	40	0,0640	173,18
	16	4	60	12	50	0,0600	161,27
H20 (16+4)	20	4	30	16	20	0,0933	254,56
	20	4	40	16	30	0,0800	216,48
	20	4	50	16	40	0,0720	193,63
	20	4	60	16	50	0,0667	178,40
H25(21+4)	25	4	30	21	20	0,1100	296,69
	25	4	40	21	30	0,0925	248,26
	25	4	50	21	40	0,0820	219,19
	25	4	60	21	50	0,0750	199,82
H30 (26+4)	30	4	30	26	20	0,1267	338,83
	30	4	40	26	30	0,1050	280,03
	30	4	50	26	40	0,0920	244,75
	30	4	60	26	50	0,0833	221,23
H30 (25+5)	30	5	30	25	20	0,1333	355,40
	30	5	40	25	30	0,1125	298,68
	30	5	50	25	40	0,1000	264,64
	30	5	60	25	50	0,0917	241,95

Tabela 4.6

Pré-dimensionamento Laje Mista Nervurada Tuper

Intereixo (cm)	Altura (cm)	Modelo Vigota	Sobrecarga (kg/m²) x Vãos máximos (m)						Peso Próprio (kg/m²)	Consumo Concreto (m³/m²)	
			100	150	200	300	400	500			600
60	H16 (12+4)	VG 65	4,65	4,35	4,10	3,70	3,40	3,15	2,95	161	0,060
		VG 80	4,85	4,80	4,60	4,15	3,80	3,55	3,30	161	0,060
		VG 125	5,40	5,30	5,20	5,05	4,80	4,45	4,15	161	0,060
	H20 (16+4)	VG 65	5,10	4,80	4,55	4,10	3,80	3,55	3,30	178	0,067
		VG 80	5,55	5,35	5,10	4,60	4,25	3,95	3,70	178	0,067
		VG 125	6,10	6,00	5,90	5,75	5,30	4,95	4,70	178	0,067
	H25 (21+4)	VG 65	5,60	5,30	5,00	4,55	4,20	3,90	3,70	200	0,075
		VG 80	6,05	5,90	5,60	5,10	4,70	4,40	4,15	200	0,075
		VG 125	6,50	6,40	6,70	6,45	5,90	5,55	5,20	200	0,075
50	H12 (8+4)	VG 65	4,05	4,00	3,85	3,50	3,20	2,95	2,80	153	0,056
		VG 80	4,25	4,15	4,10	3,90	3,55	3,30	3,10	153	0,056
		VG 125	4,70	4,60	4,55	4,40	4,25	4,15	3,85	153	0,056
	H16 (12+4)	VG 65	4,80	4,70	4,45	4,00	3,70	3,45	3,25	173	0,064
		VG 80	5,05	4,95	4,85	4,50	4,15	3,85	3,60	173	0,064
		VG 125	5,55	5,45	5,40	5,20	5,10	4,80	4,50	173	0,064
	H20 (16+4)	VG 65	5,50	5,15	4,90	4,45	4,10	3,85	3,60	194	0,072
		VG 80	5,75	5,65	5,45	4,95	4,60	4,30	4,05	194	0,072
		VG 125	6,25	6,15	6,05	5,85	5,70	5,40	5,05	194	0,072
	H25 (21+4)	VG 65	6,00	5,65	5,35	4,90	4,55	4,25	4,00	219	0,082
		VG 80	6,50	6,30	6,00	5,50	5,05	4,75	4,45	219	0,082
		VG 125	7,05	6,90	6,80	6,60	6,35	6,00	5,65	219	0,082
40	H12 (8+4)	VG 65	4,20	4,15	4,05	3,85	3,50	3,30	3,10	166	0,060
		VG 80	4,40	4,35	4,25	4,15	3,95	3,65	3,45	166	0,060
		VG 125	4,85	4,80	4,70	4,55	4,45	4,35	4,15	166	0,060
	H16 (12+4)	VG 65	5,00	4,90	4,85	4,40	4,10	3,80	3,55	191	0,070
		VG 80	5,25	5,15	5,05	4,90	4,55	4,25	4,00	191	0,070
		VG 125	5,70	5,60	5,50	5,30	5,20	5,10	4,95	191	0,070
	H20 (16+4)	VG 65	5,70	5,60	5,35	4,90	4,50	4,20	4,00	216	0,080
		VG 80	5,95	5,85	5,75	5,45	5,05	4,70	4,40	216	0,080
		VG 125	6,40	6,30	6,20	6,05	5,90	4,40	5,55	216	0,080
	H25 (21+4)	VG 65	6,50	6,10	5,85	5,35	4,90	4,65	4,40	248	0,093
		VG 80	6,70	6,60	6,50	6,00	5,55	5,20	4,90	248	0,093
		VG 125	7,20	7,10	7,00	6,80	6,65	6,50	6,20	248	0,093
30	H12 (8+4)	VG 65	4,40	4,35	4,25	4,15	4,00	3,70	3,50	187	0,067
		VG 80	4,60	4,55	4,45	4,35	4,25	4,10	3,90	187	0,067
		VG 125	5,05	4,95	4,90	4,75	4,65	4,55	4,45	187	0,067
	H16 (12+4)	VG 65	5,25	5,15	5,05	4,95	4,60	4,30	4,00	221	0,080
		VG 80	5,45	5,35	5,30	5,15	5,00	4,80	4,50	221	0,080
		VG 125	5,85	5,75	5,65	5,50	5,40	5,25	5,15	221	0,080
	H20 (16+4)	VG 65	5,95	5,85	5,75	5,45	5,05	4,75	4,50	255	0,093
		VG 80	6,10	6,00	5,95	5,80	5,65	5,30	5,00	255	0,093
		VG 125	6,60	6,50	6,40	6,25	6,10	5,95	5,85	255	0,093
	H25 (21+4)	VG 65	6,70	6,60	6,45	5,95	5,55	5,25	4,95	297	0,110
		VG 80	6,90	6,80	6,70	6,55	6,20	5,80	5,50	297	0,110
		VG 125	7,45	7,35	7,25	7,05	6,90	6,75	6,65	297	0,110

Tabela 4.7

4.8 - NORMA DE DESEMPENHO - NBR 15575

NBR 15575 é uma norma que trata do desempenho de edificações habitacionais e apresenta características indispensáveis de uma obra para o consumidor, com o objetivo de prezar pelo conforto, acessibilidade, higiene, estabilidade, vida útil da construção, segurança estrutural e contra incêndios.

Dentre os aspectos abordados está a questão de CONFORTO ACÚSTICO com o objetivo de regularizar os níveis de ruídos externos nas edificações habitacionais, que são controlados pelo sistema de fachadas como, por exemplo, os transmitidos internamente na edificação, os referentes ao desempenho do piso, entre outros. A norma estabelece uma lista de indicadores e parâmetros mínimos e máximos para balizar o desempenho acústico

4.9 - DESEMPENHO ACÚSTICO

O desempenho acústico é um fator importante e que deve ser levado em consideração nas edificações. O som do tráfego de veículos, sirenes, latidos, etc., é tão desconfortável quanto a batida de saltos de sapatos, o arrastar de móveis e o som alto da TV no andar de cima. O ruído externo à edificação (aéreo) pode ser isolado com sistema de fachadas; em contrapartida, o ruído interno (impacto) à edificação se refere ao desempenho da laje. Ambos os tipos de ruído são abordados pela NBR 11575 – Norma de Desempenho. Para que se possa avaliar a adaptação de diferentes tipos de laje aos requisitos de qualidade acústica exigida, a parte 03 da NBR 15575 – Sistema de Pisos, estabelece índices mínimos a serem atendidos.

4.9.1 - RUÍDO DE IMPACTO

Considerando a norma, o sistema de pisos estabelece os menores índices de $L'nT_w$ (indicador normalizado padrão ISO para desempenho acústico ao ruído de impacto), que normalmente é medido em pavimentos inferiores à origem do som, como, por exemplo, os ruídos que se originam no impacto ou atrito no piso que se propagam para outros pavimentos. Para sanar o problema, a sugestão é que seja utilizada uma camada estrutural que possibilite a flexibilidade das ondas que provém dos ruídos, como a aplicação de pisos flexíveis tipo carpete ou contrapisos.

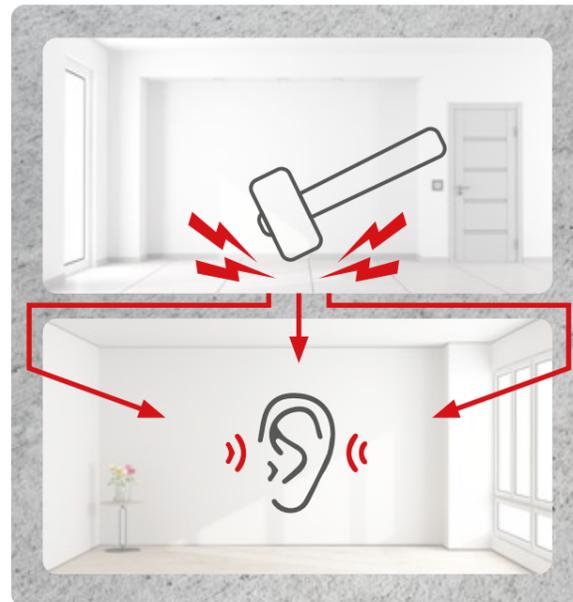


Figura 4.5

4.9.2 - RUÍDO AÉREO

Para ruídos aéreos, a referência utilizada pela norma é o DnT_w , índice de redução sonora ponderado. O valor é medido considerando o tipo de uso das áreas localizadas acima e abaixo do ambiente que está sendo avaliado. Para cômodos como dormitórios e áreas comuns, o valor de referência é de 45 dB, sendo que, para essa unidade, quanto maior o índice, melhor o desempenho. O ruído aéreo corresponde aos sons propagados pelo ar e transmitidos por lajes e paredes como, por exemplo, som de música, de aparelhos de televisão, conversas e afins. Geralmente, pode ser contido por um sistema de manta, ou "cama absorvente", instalado nas camadas do forro e da laje.

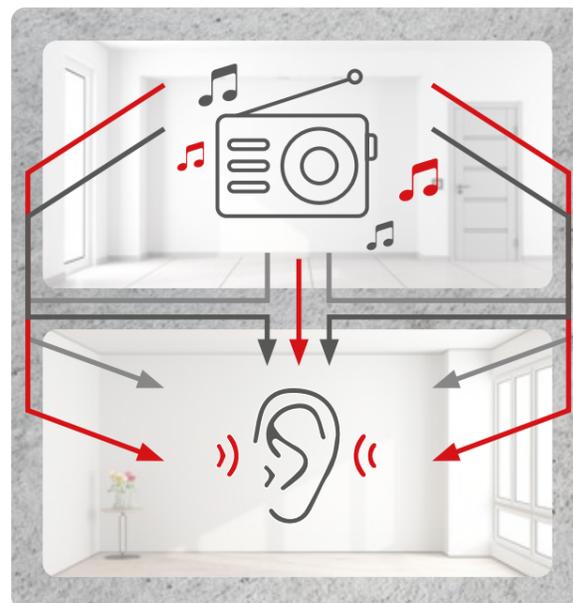


Figura 4.6

4.9.3 - SOLUÇÕES

Para solucionar o problema do isolamento acústico nas edificações, o mercado oferece soluções que garantem a funcionalidade do isolamento, tais como:

- Instalação de pisos vinílicos em manta - ideais para a vedação de ruídos no ambiente e isolamento térmico.
- Instalação de carpetes - em áreas comuns, reduz ruídos externos vindos, por exemplo, do apartamento de baixo. Além disso, podem abafar os sons.
- Aplicação de manta acústica - instaladas por baixo dos pisos vinílicos para que, dessa forma, auxiliem no amortecimento dos impactos e na absorção de ruídos.
- Outra solução é o contrapiso flutuante. É considerado flutuante quando existe uma camada de compressão entre ele e a base para amortecer as vibrações, indicando que a atenuação sonora ocorre devido ao efeito de formação entre a massa (contrapiso), molas (material isolante) e massa (lajes). Dependendo dos elementos que compõem o sistema, a redução de ruído com esta tecnologia varia entre 7 e 32 dB.

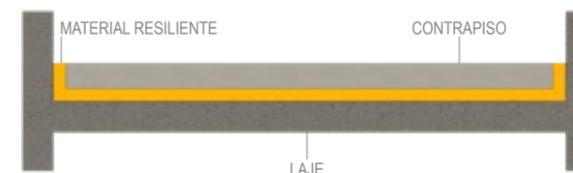


Figura 4.7 Contrapiso flutuante sobre laje

4.9.4 - A FUNÇÃO DA LAJE NO DESEMPENHO ACÚSTICO

Quando consideramos um sistema convencional de laje, sem a estrutura adicional, é comum apontar que o desempenho acústico passa a ser proporcional à espessura da laje – ou seja, quanto maior a laje, melhor o desempenho. Contudo, cálculos apontam que nem sempre é o caso, ou ao menos não na proporção esperada. Aumentar a espessura das lajes para reduzir a passagem de som não é a escolha estrutural adequada. As estruturas usadas junto às lajes (contrapisos e mantas) podem garantir melhor isolamento, e o próprio tipo de laje pode ser decisivo para o desempenho da edificação.

Toda a estrutura ligada à laje cumpre função na performance acústica, já que os esforços sobre os pisos são transmitidos também a pilastras e paredes.





5 ARMAZENAGEM E EXECUÇÃO

5.1 - RECOMENDAÇÕES DE RECEBIMENTO E ARMAZENAGEM DO MATERIAL

O descarregamento do material é de responsabilidade do cliente. Entretanto, são indicadas algumas orientações:

- Conferir as descrições da nota fiscal x etiquetas dos produtos;
- Acompanhar a contagem do material;
- Certificar-se que nenhum material esteja danificado.

A armazenagem do produto deve ser feita em local coberto e livre de intempéries. Recomenda-se também que a armazenagem do produto seja feita por curtos períodos de tempo. Os fardos das vigotas metálicas deverão estar apoiados sobre sarrafos de madeira, isolando-os do contato ao solo.

Estes fardos deverão ser armazenados com uma leve inclinação de 5 graus, e com o cuidado de evitar a colocação de cargas sobre os mesmos.

A montagem das vigotas metálicas deverá ser feita após o posicionamento das escoras. Salienta-se que o trânsito de pessoas e equipamentos durante instalação somente deverá ser realizado sobre tábuas apoiadas na direção normal sobre várias vigotas metálicas.

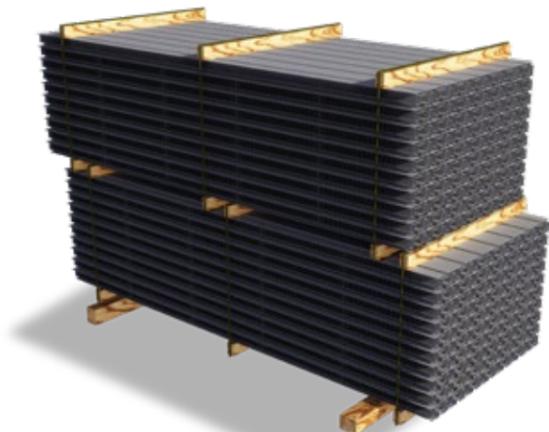


Figura 5.1

5.2 - ESCORAMENTO

O escoramento deve ser realizado com o intuito de estruturar o sistema garantindo assim a sua integridade. A etapa de escoramento é a primeira providência a ser tomada e uma das mais importantes na execução da laje. Se executada erroneamente, poderá trazer danos irreparáveis à estrutura. Deve

ser feito antes da montagem das vigotas metálicas. As linhas de escoramento deverão ser colocadas na direção perpendicular às vigotas metálicas. O apoio das escoras no solo deverá ser feito sobre base sólida e, de preferência, sob o contrapiso já executado, impedindo que as escoras cedam quando receberem as cargas de montagem e concretagem. Recomenda-se a utilização de tábuas na base para uma melhor distribuição das cargas sobre o solo. Somente com um escoramento bem feito é que podemos ter uma laje de boa qualidade.

Para pé-direito superior a 4,50 m recomenda-se utilizar escoramento tipo torre.

Nota importante: não fazer emenda nas escoras de madeira.

As escoras devem permanecer no local por 28 dias após a concretagem. Nos edifícios de vários andares, a camada protetora do piso inferior não deve ser removida até que tenha sido concluída a laje superior.

Os vãos de escoramento poderão ser baseados nas prescrições da tabela 5.1

Sugestão de Distância Máxima entre Linhas de Escoramento para Laje Unidirecional

Modelo	Intereixo (cm)	VG 0.65 (m)	VG 80 (m)	VG 125 (m)
H12 (8+4)	30	1,25	1,30	1,75
	40	1,20	1,25	1,70
	50	1,15	1,20	1,60
H16 (12+4)	30	1,20	1,25	1,70
	40	1,15	1,20	1,60
	50	1,15	1,20	1,55
	60	1,10	1,15	1,50
H20 (16+4)	30	1,15	1,20	1,60
	40	1,15	1,20	1,55
	50	1,10	1,15	1,50
	60	1,05	1,10	1,45
H25 (21+4)	30	1,10	1,15	1,55
	40	1,10	1,15	1,50
	50	1,05	1,10	1,45
	60	1,00	1,05	1,40
H30 (26+4)	30	1,05	1,10	1,50
	40	1,05	1,10	1,45
	50	1,00	1,05	1,40
	60	1,00	1,05	1,35

Tabela 5.1

Esses valores são de caráter referenciais; a tabela foi construída com base no uso de escoras metálicas. Cada profissional deve avaliar o seu sistema de escoramento (madeira, etc.) e definir o que melhor se adapta a sua obra, juntamente com o projeto de escoramento e medidas a serem adotadas.

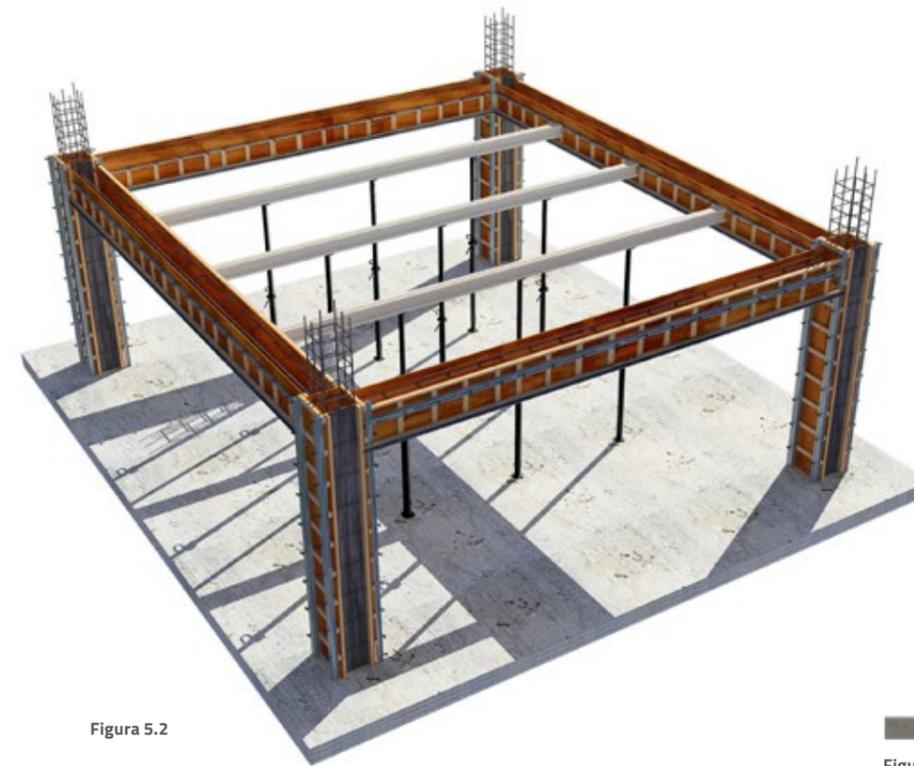


Figura 5.2

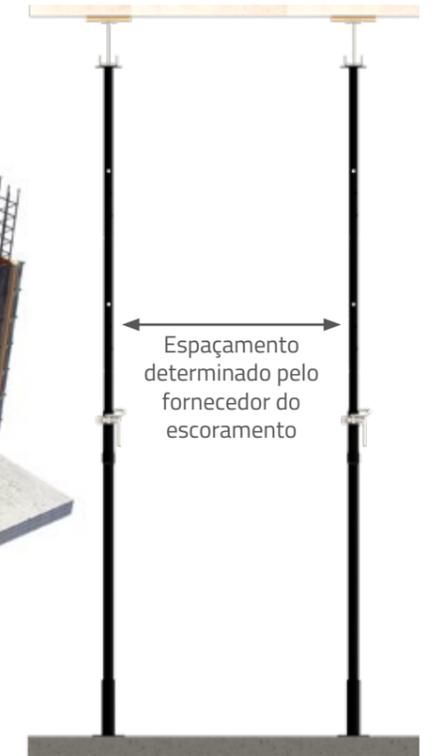


Figura 5.3 Detalhe do escoramento

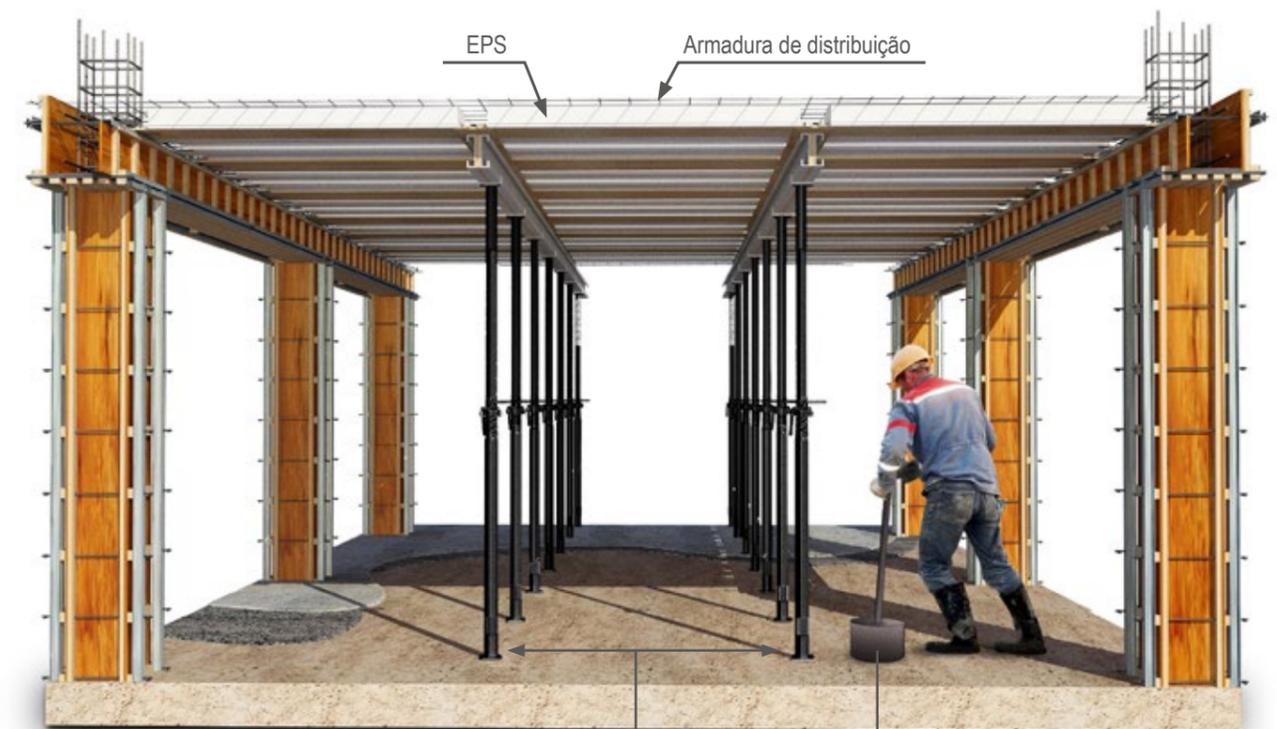


Figura 5.4

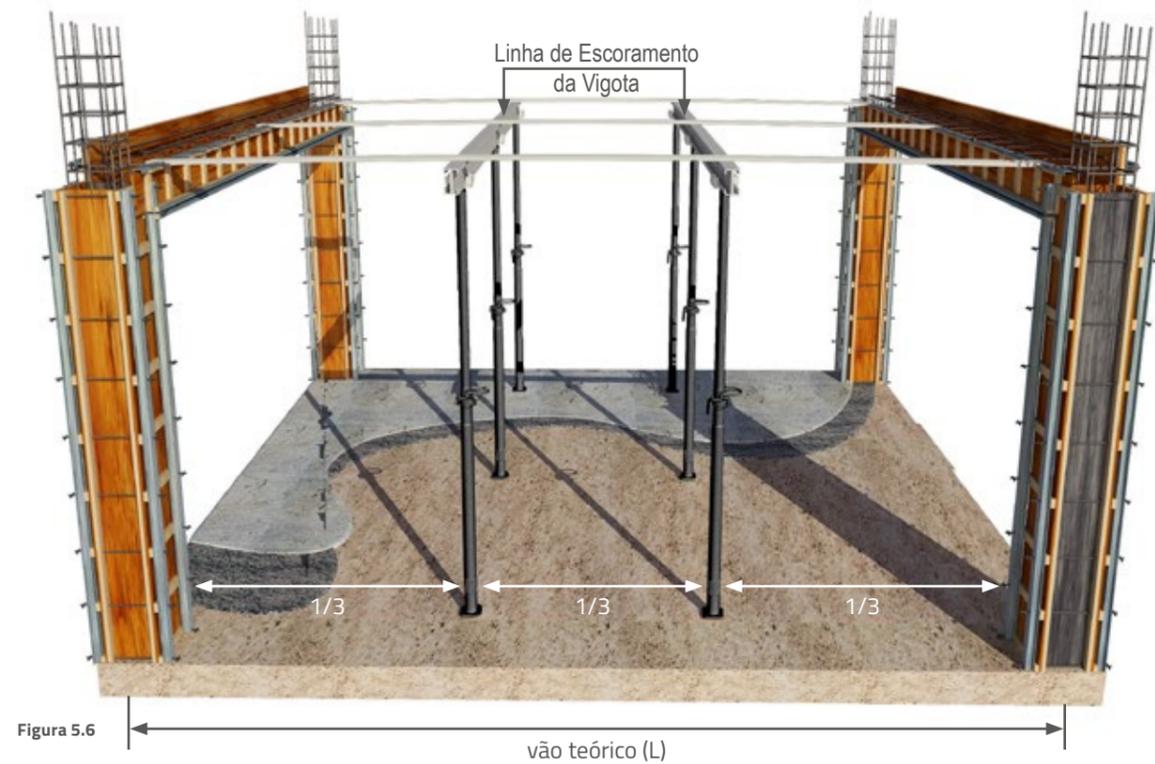
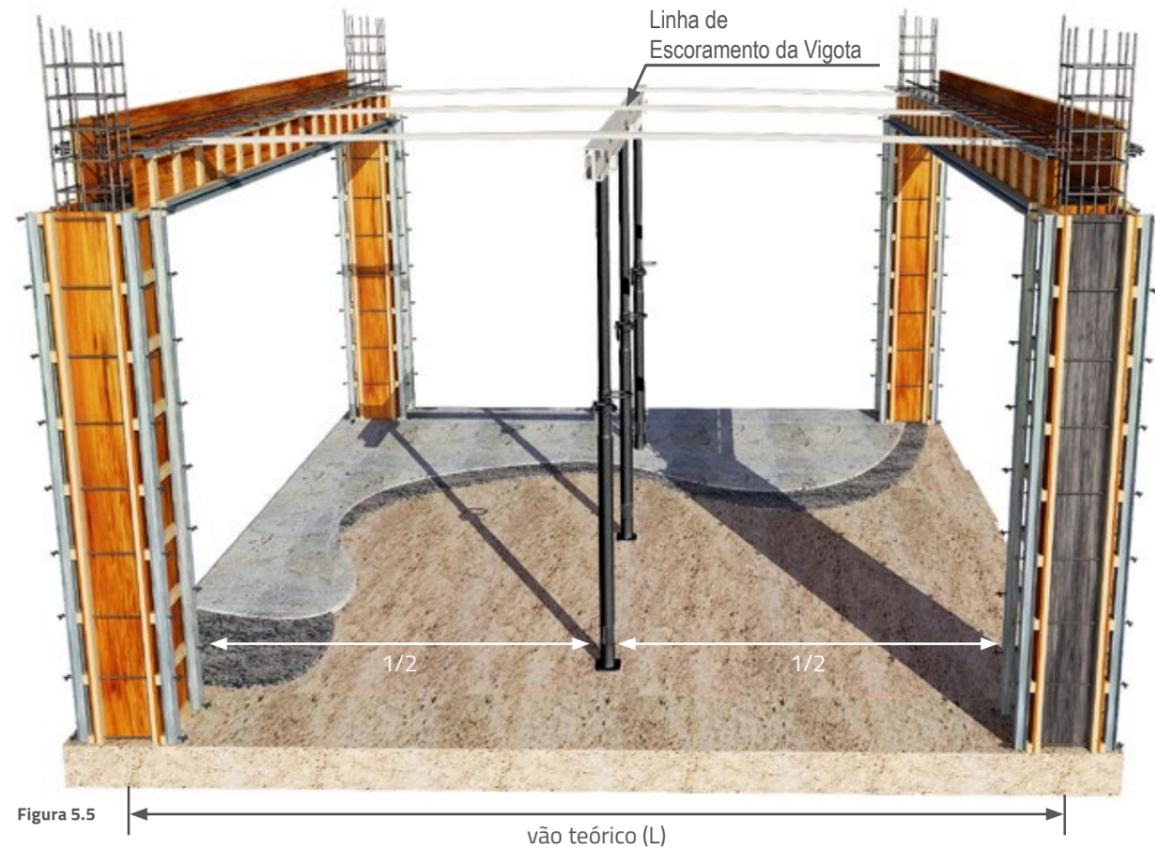
Distância entre linhas de escoras especificada em projeto

Compactar solo quando não tiver contrapiso

5.3 - CONTRAFLECHA

A contraflecha deve ser aplicada logo após a montagem do escoramento com base no projeto e orientação do profissional responsável. A aplicação poderá ser realizada

com auxílio de cunhas nas extremidades inferiores das escoras, prática recomendada principalmente em obras com escora de madeira. Já nas escoras metálicas, há a facilidade de realizar o ajuste fino com o sistema de travamento da própria escora.



5.4 - MONTAGEM DA LAJE

Após a montagem do escoramento, é possível iniciar o lançamento das vigotas metálicas e dos elementos de enchimento. A montagem deve iniciar junto a uma das bordas paralelas às vigotas começando geralmente

com o EPS apoiado em uma viga e a vigota metálica na outra face, seguindo com a colocação dos elementos de enchimento. Sempre que possível, deve ser realizada a fixação das vigotas nas fôrmas para evitar a movimentação das peças.

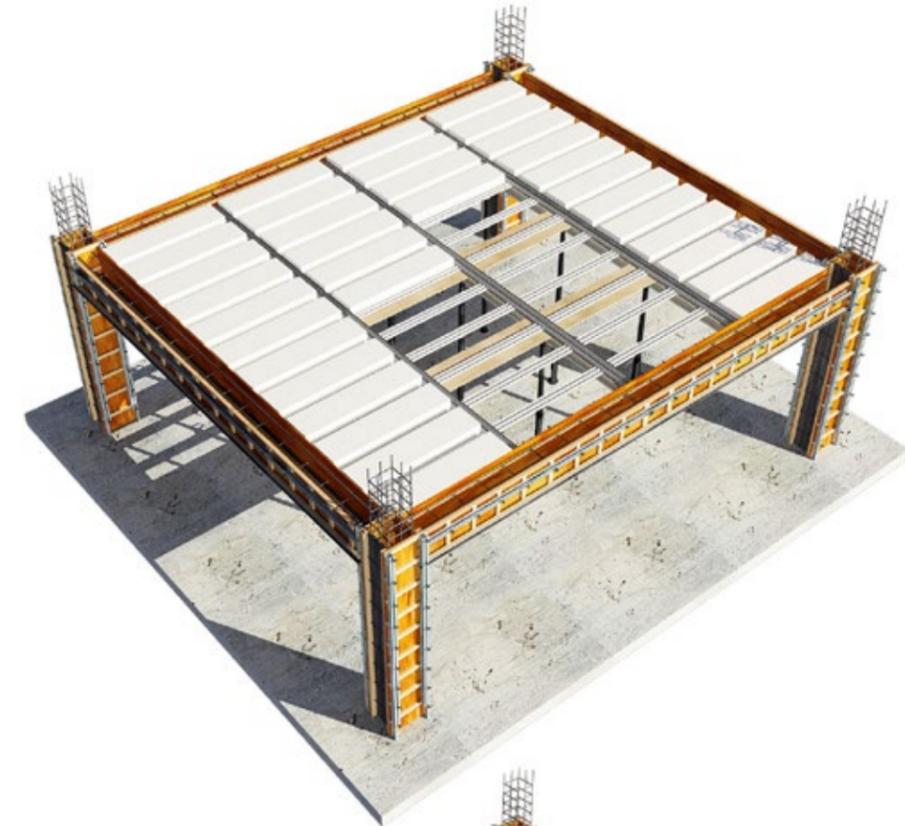


Figura 5.7



Figura 5.8

5.5 - POSICIONAMENTO DAS VIGOTAS METÁLICAS TUPER

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.

As vigotas metálicas devem ser posicionadas no mínimo de 6 cm na viga de concreto/metálica ou cinta. Os enchimentos devem ser encaixados sobre as vigotas, onde a primeira e a última linha de enchimento podem ser apoiadas na própria viga (cinta) de amarração (ver figura abaixo).



Figura 5.9 - Detalhe de montagem em estrutura de concreto armado

5.6 - VIGOTAS JUSTAPOSTAS

Sempre que houver uma situação de parede sobre a laje, devem ser analisadas e calculadas as cargas para inclusão no desenvolvimento de cálculo. Recomenda-se adotar dispositivos que ajudem a absorver e distribuir essa carga, como: quando a parede estiver no sentido de apoio das vigotas, criar vigotas justapostas; quando a parede estiver no sentido perpendicular, criar uma nervura maciça ao longo das vigotas para ajudar na absorção dos esforços.

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

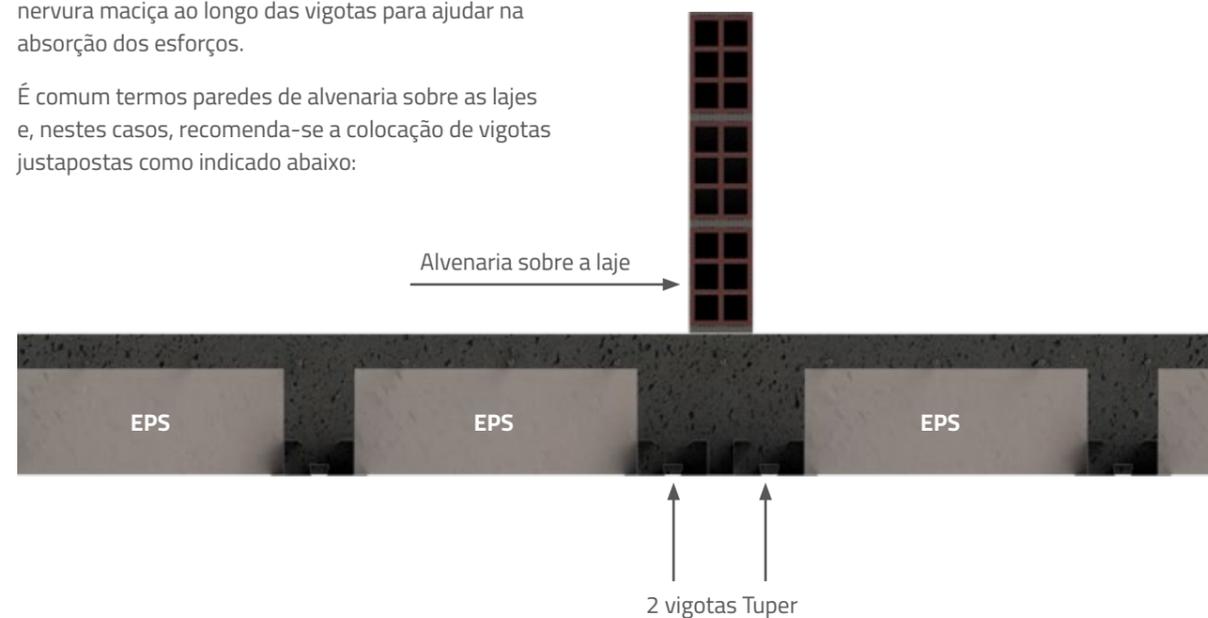


Figura 5.10

5.7 - COLOCAÇÃO DOS ELEMENTOS DE ENCHIMENTO

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

A sequência de colocação dos elementos de enchimento, como mostra a figura abaixo, deve ser a seguinte: executar fileiras ortogonais ao sentido das vigotas, iniciando pelas duas fileiras mais externas e dirigindo-se para o meio da laje. Deve-se tomar cuidado para manter o esquadro e evitar folgas entre os enchimentos.

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

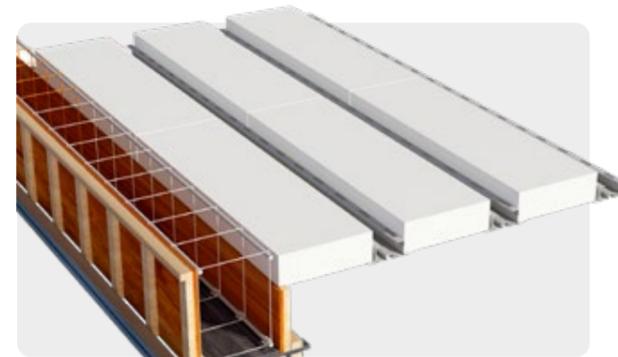


Figura 5.11

5.8 - NERVURAS DE TRAVAMENTO (PARA LAJE UNIDIRECIONAL)

São nervuras no sentido perpendicular às vigotas metálicas. Têm a função de distribuir melhor a carga entre as vigas, evitar deformações diferenciais e fazer com que as lajes unidirecionais cumpram a função de diagrama rígido em edifícios verticais de múltiplos andares.

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.

Nervuras de Travamento

Vão entre Apoios (m)	Número de Nervuras Transversais	
	Carga Distribuída	Carga Concentrada (paredes)
0 a 4	0	1
4 a 6	1	2
6 a 8	2	3
8 a 10	3	4

Tabela 5.2

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

A armadura das nervuras de travamento é sugerida conforme a tabela abaixo, com aço CA 50:

Armadura das Nervuras de Travamento

Modelo	Largura da Nervura (cm)	Número de Barras (unidades)	Bitola (mm)
	H12	8,0	2
H16	10,0	2	8,0
H20	10,0	2	8,0
H25	12,0	2	10,0
H30	12,0	2	10,0

Tabela 5.3

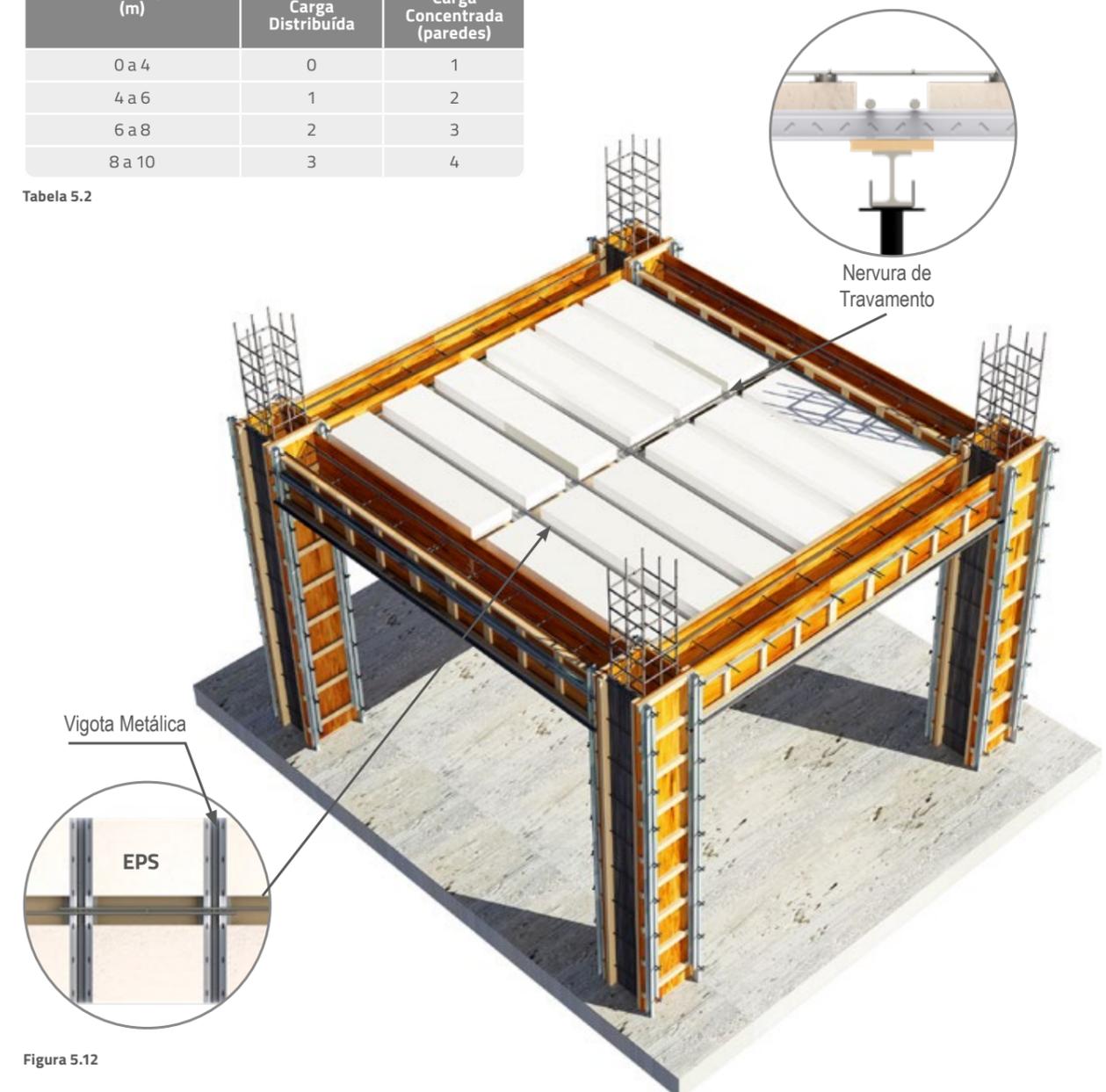


Figura 5.12

5.9 - INSTALAÇÃO ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS

A espessura da mesa, quando não existirem tubulações horizontais embutidas, deve ser maior ou igual a 1/15 da distância entre as faces das nervuras e não menor que 4 cm. O valor mínimo absoluto da espessura da mesa deve ser de 5 cm, quando existirem tubulações embutidas de diâmetro menor ou igual a 10 mm. Para tubulações com diâmetro maior que \varnothing 10 mm, a mesa deve ter a espessura mínima de 4 cm + \varnothing , ou 4 cm + 2 \varnothing no caso de haver cruzamento destas tubulações.

Quando distribuir o eletroduto na transversal, deve-se passar por cima do elemento de enchimento. Evite passar por cima da nervura, pois, nesse caso, a capa de concreto deverá ser maior para respeitar o cobrimento exigido por norma e, também, evitar que possa ser eventualmente amassado na concretagem da laje.



Figura 5.13 - Eletroduto longitudinal



Figura 5.14 - Eletroduto transversal

No sentido longitudinal o eletroduto deve correr acima do elemento de enchimento. A situação abaixo deve ser evitada sempre que possível.



Figura 5.15

Inicialmente devem ser locados os pontos de luz para, então, proceder com a passagem dos eletrodutos. A utilização de enchimento de EPS permite a instalação de tubulações elétricas e hidráulicas sem comprometimento da redução da seção de concreto na mesa de compressão da laje. Sopradores térmicos ou ferramentas cortantes podem ser utilizados para abrir sulcos no EPS, por onde passarão as tubulações, ficando alojadas nas regiões de esforços de tração da laje, o que não compromete as tubulações e garante a integridade estrutural.

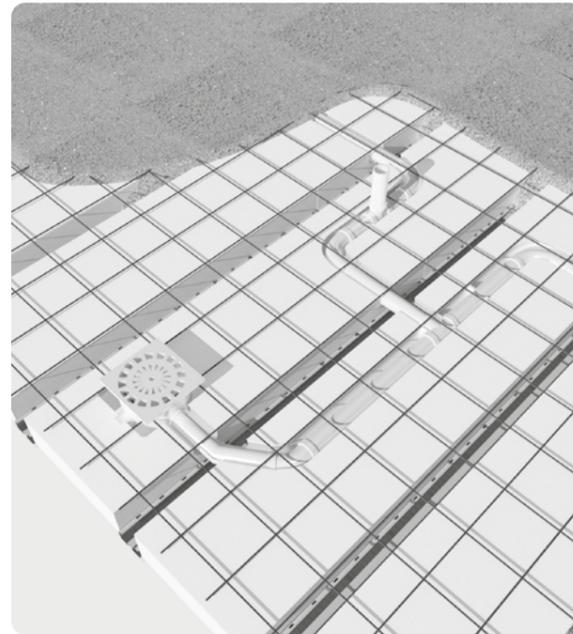


Figura 5.16

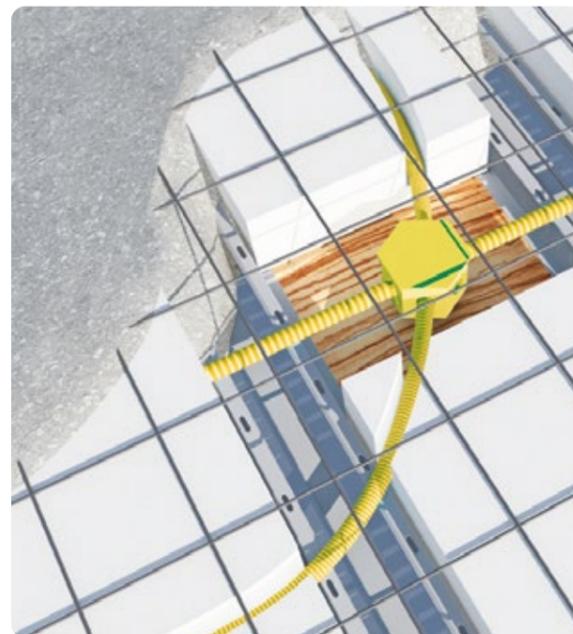


Figura 5.17

5.9.1 - ABERTURAS E FURAÇÕES EM LAJES MISTAS NERVURADAS TUPER

A concepção de aberturas e furações em sistemas de lajes é importante para a compatibilização entre os projetos estruturais, arquitetônicos, instalações hidráulicas e elétricas. Desta forma, é necessário projetar reforços estruturais quando necessário diante de furações e aberturas de lajes, seja para adequação de passagem de tubulações, shafts, claraboias ou mesmo passagem de escadas e tubulações embutidas nas lajes (NBR 6118: seção 13.2.5 e seção 21.3), concebendo armaduras em seu contorno e cantos.

5.9.1.1 - PEQUENAS ABERTURAS E FURAÇÕES

Pequenas aberturas ou furações serão consideradas quando:

- A geometria não coincidir com qualquer nervura, ou seja, as nervuras não devem ser seccionadas;
- Quando as aberturas ou furações possuírem medidas inferiores ao entre-eixo das nervuras da laje em questão;
- É dispensada a verificação de estabilidade estrutural ou deformação de pequenas aberturas e furações quando as lajes possuírem reforço de armadura nas duas direções e quando atendidos os seguintes quesitos de acordo com a Figura 5.18;
- Dimensões das aberturas devem ser menores que 1/10 do menor vão da laje;
- Distância entre a face da abertura e o eixo de apoio da laje deve ser superior a 1/4 do vão na direção considerada;
- A distância entre faces de aberturas deve ser superior a 1/2 do menor vão.

5.9.1.2 - GRANDES ABERTURAS

Grandes aberturas serão consideradas quando não satisfeitos os quesitos do item de pequenas aberturas e furações, ou quando uma abertura ou furação interceptar uma ou mais nervuras da laje, sendo necessário adotar reforço estrutural através de armaduras longitudinal e perpendicular, bem como a concepção de cintas e vigas em seu perímetro. O processo de verificação de grandes aberturas é realizado de acordo com o método de bielas e tirantes (NBR 6118: seção 22). A análise é permitida no estado limite último, com estrutura idealizada por meio de uma treliça isostática composta por seções de bielas, tirantes e nós. Para o correto dimensionamento e detalhamento dos elementos de reforço, veja a NBR 6118: seção 22.

Os reforços longitudinais poderão ser constituídos por perfis Tuper adjacentes à face das aberturas, devidamente dimensionados para resistir às cargas aplicadas. Os reforços transversais são constituídos por reforços armados perpendiculares aos perfis. Os elementos de reforço deverão ser dimensionados em projeto por engenheiro habilitado e capacitado, assegurando qualidade e segurança para a estrutura.

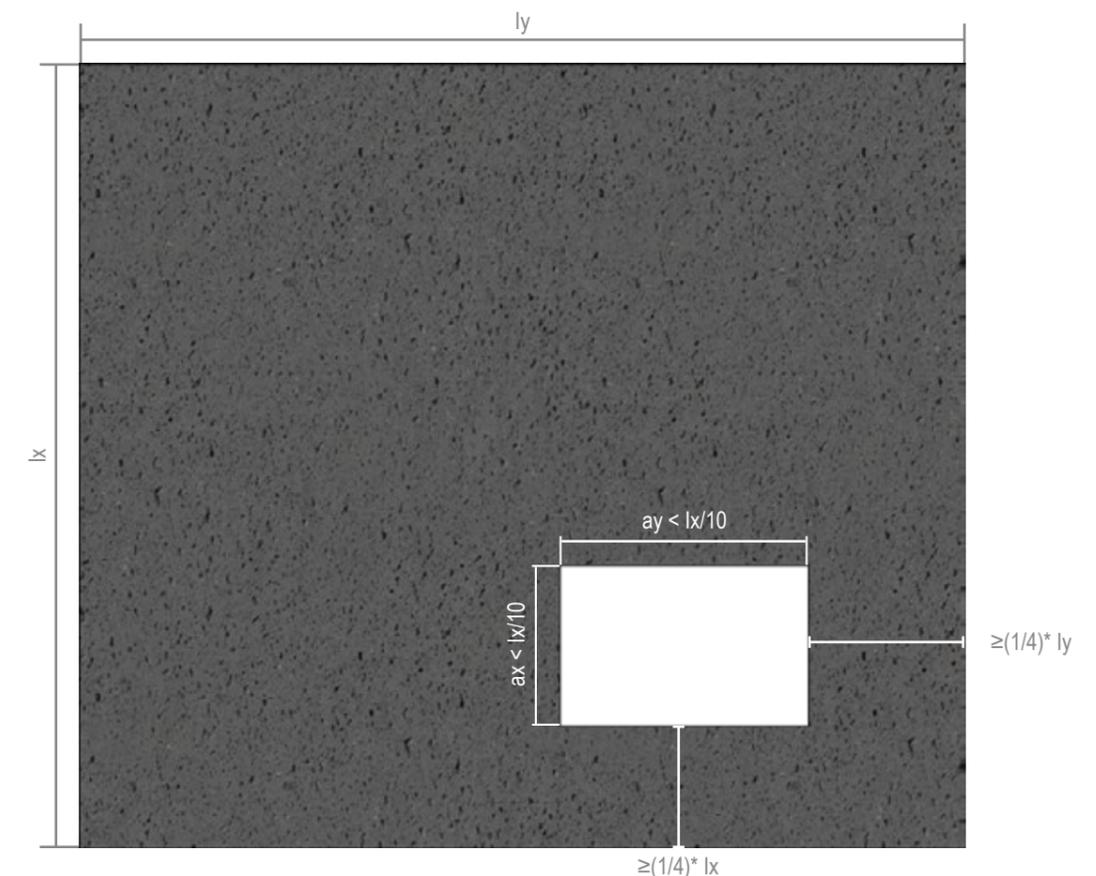
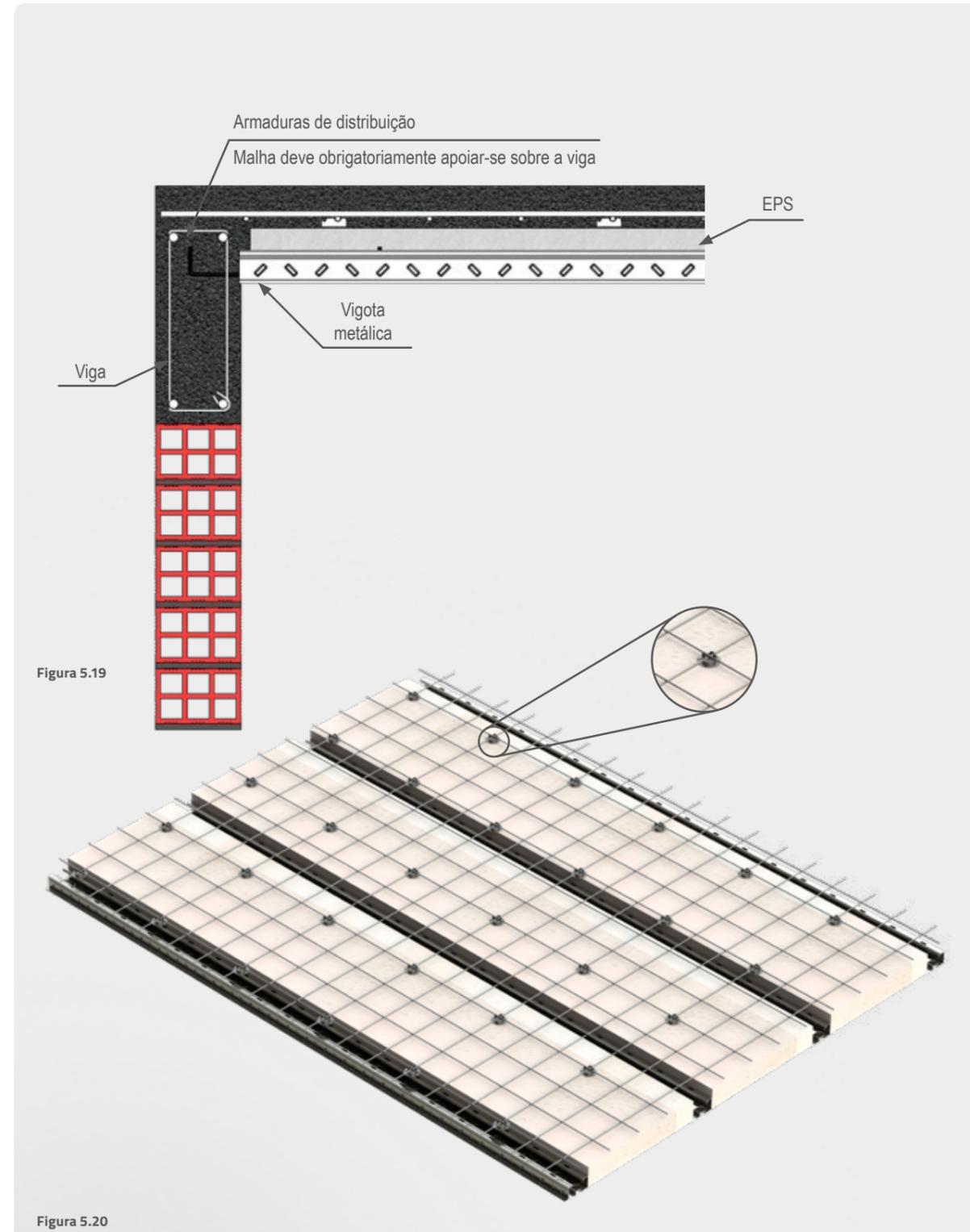


Figura 5.18 - Detalhe de abertura de lajes

5.10 - EXECUÇÃO DAS ARMADURAS

Nesta etapa deverão ser montadas as armaduras específicas no projeto, destacando-se aqui a principal delas: a armadura de distribuição, que deve ser realizada

em todas as lajes, com a distribuição das ferragens em ambas as direções ou com a utilização das telas soldadas. Tem o papel de prevenir a fissuração do concreto do capeamento, sendo especificada no item 3.4.



5.11 - ARMADURA NEGATIVA

Ferragem posicionada na parte superior da laje. Sua função é fazer a ligação entre lajes e vigas proporcionando rigidez e monoliticidade ao conjunto dos elementos estruturais. Serve também para combater as fissuras, evitando, assim, a oxidação que leva processos de corrosão. Seu dimensionamento depende do tipo de apoio.



Figura 5.21

Apoio Simples: é quando a viga de apoio da laje já está moldada (concretada), formando, assim, duas peças: viga e laje. Desta forma não gera movimento, porém deve-se adotar uma armadura negativa de borda de pelo menos 15% do vão.

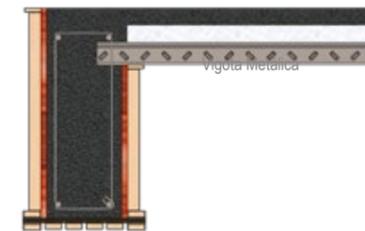


Figura 5.22 - Laje de extremidade

Apoio contínuo: é quando a viga de apoio da laje recebe vigotas de dois ou mais vãos alinhadas e em continuidade. Desta forma, há um momento negativo de continuidade sendo indispensável o uso do negativo de continuidade de comprimento $l_x/4$.

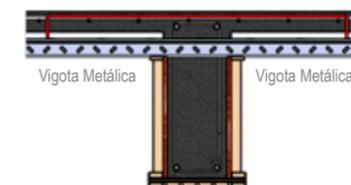


Figura 5.23 - Laje contínua

Balço: para lajes em balanço, a ferragem negativa deve ter pelo menos o dobro do comprimento do balanço.

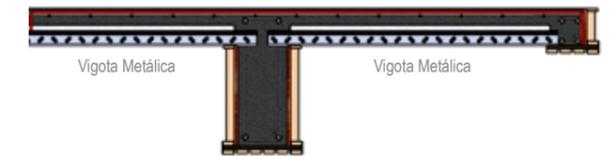


Figura 5.24 - Laje com balanço

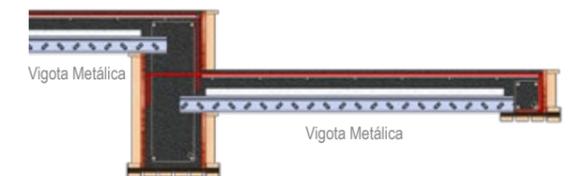


Figura 5.25 - Laje contínua com rebaixo

5.12 - 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 retratação do concreto e reforço para distribuição das cargas pontuais. A armadura de distribuição não deve ser amarrada ao fio superior da treliça; o posicionamento correto deve ser no meio da capa.

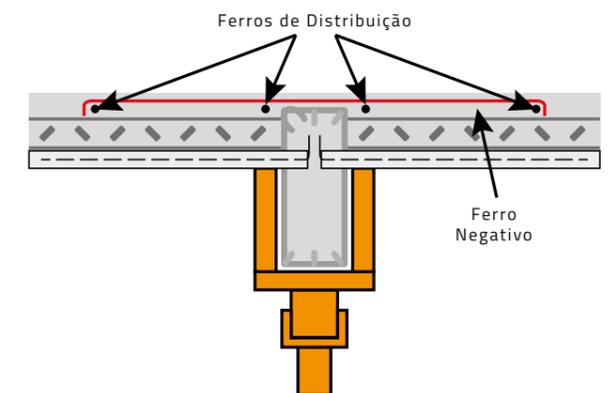


Figura 5.26 - Apoio com continuidade

5.13 - ARMADURA DE ANCORAGEM

No caso de interferência de armaduras como estribos e armaduras de pele, é possível utilizar barras de ancoragem, com dimensionamento segundo o item 18.3.2.4 da NBR 6118.



Figura 5.27

Armadura positiva complementar: podem ser utilizadas em conjunto com as vigotas metálicas e, sempre que se julgar necessário aumentar a resistência do sistema. Também devem ser utilizadas para atender aos requisitos mínimos de situações de incêndio.

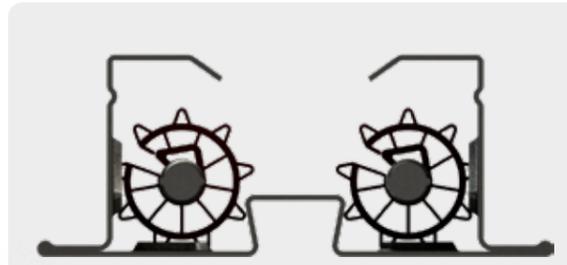


Figura 5.28

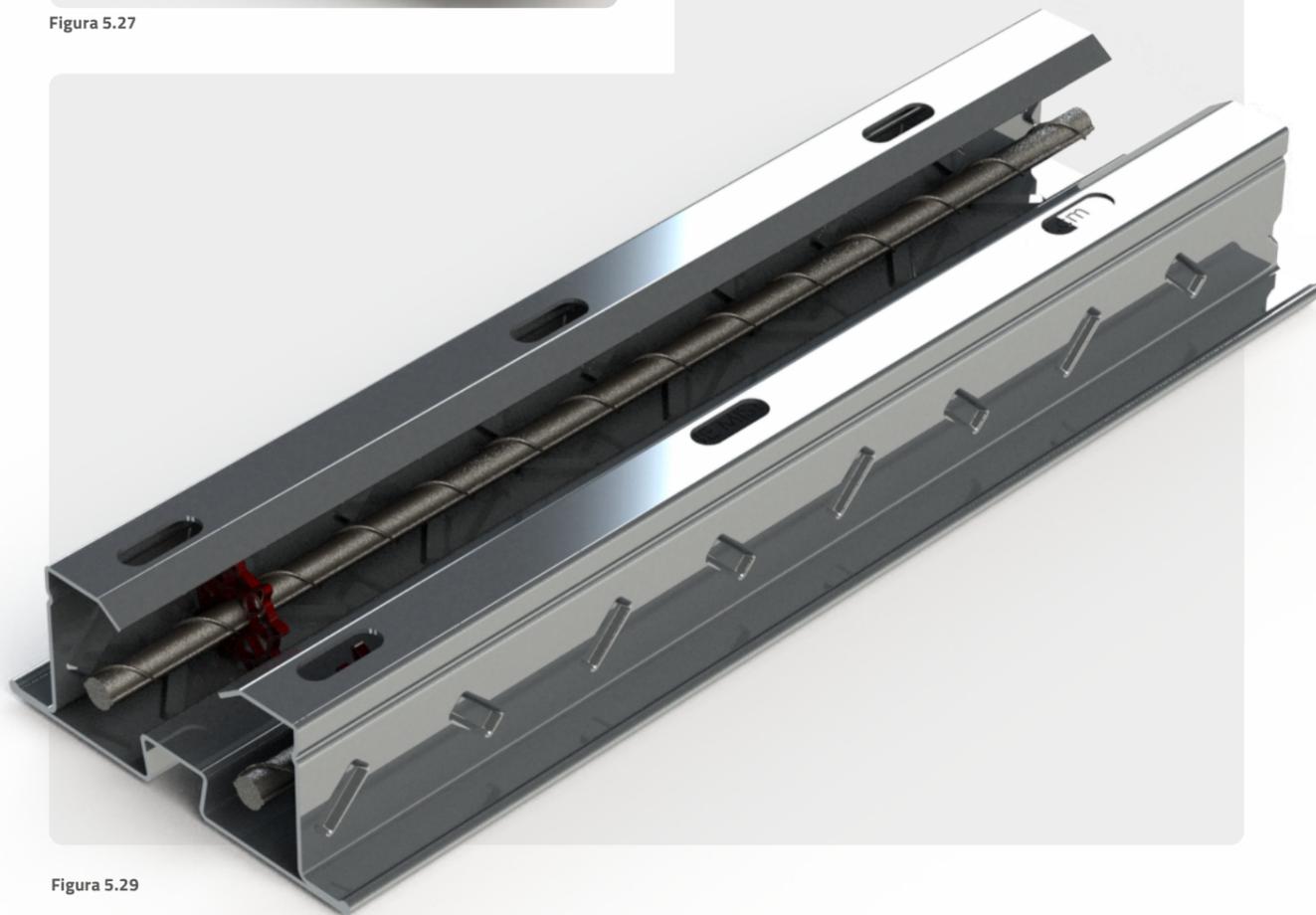


Figura 5.29

5.14 - CONCRETAGEM

O concreto utilizado nas lajes deverá ser oriundo de uma usina a fim de garantir a homogeneidade do material durante a execução. É importante conferir se o concreto que chegou à obra é o mesmo que foi solicitado e, principalmente, se atende às especificações do projeto.

As condições climáticas impactam diretamente na qualidade e tempo de pega do concreto e devem ser monitoradas durante a concretagem, que deverá ocorrer preferencialmente antes das 10 horas e após às 15 horas. Em temperaturas elevadas o concreto tende a perder a plasticidade e trabalhabilidade devido à rápida evaporação da água na mistura, possibilitando o surgimento de fissuras, de retração e outras patologias.

De acordo com a NBR 7212 – Execução de concreto dosado em central – Procedimento, a temperatura ambiente para o lançamento do concreto deverá estar entre 5°C e 30°C. Quando a concretagem ocorre em temperaturas amenas, em que o concreto tende a curar de forma mais lenta, o responsável técnico da obra deverá modificar os procedimentos construtivos, prevendo um maior tempo de cura do concreto para obter a resistência e módulo para desforma.

Conforme determinação da NBR 14934 – Execução de estruturas de concreto – Procedimento, a concretagem deverá ser interrompida sempre que ocorrer uma queda abrupta na temperatura para menos de 0°C. Recomenda-se que o concreto seja lançado a uma altura de 15 a 25 cm. Evitar o acúmulo de concreto sobre o EPS, pois a peça pode romper e, caso o volume ou vazão do concreto seja alto, deverá ser lançado sob uma faixa de madeira. Certifique-se da resistência (fck) maior ou igual ao indicado no projeto. O concreto deve ser lançado o mais próximo possível da posição final. Cuidados especiais devem ser tomados para não haver concentração de material.

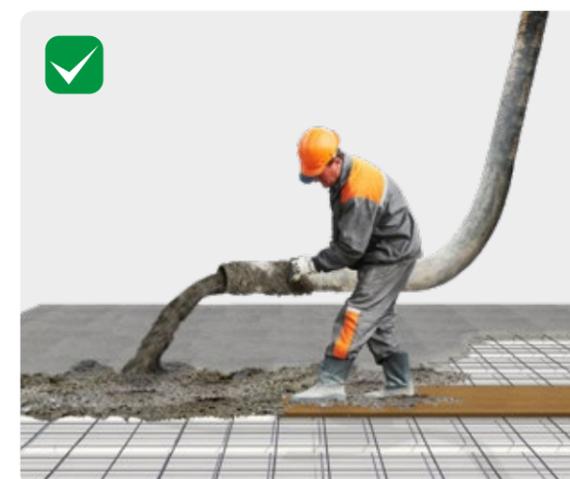


Figura 5.30 - Certo

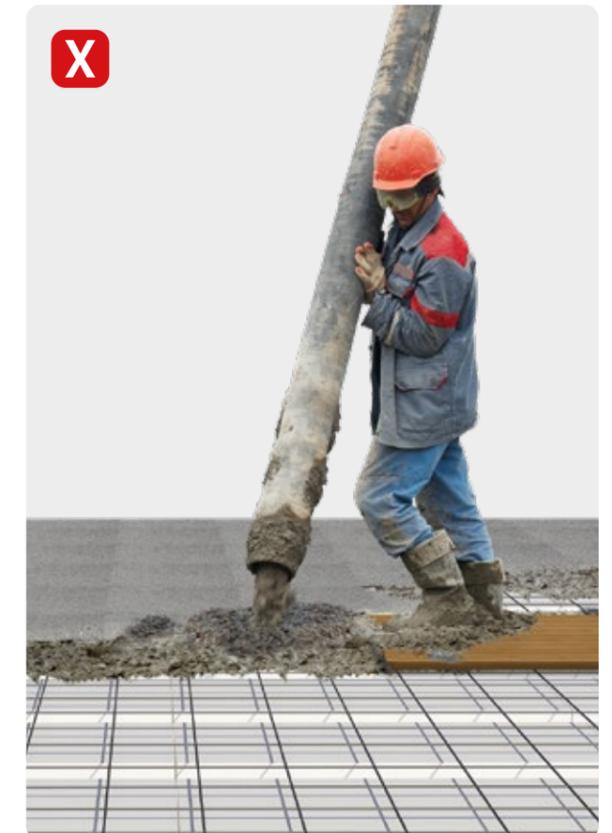


Figura 5.31 - Errado

A movimentação de pessoas e equipamentos deverá ser realizada sempre sobre tábuas ou madeirites.



Figura 5.32

5.14.1 - ADENSAMENTO

O adensamento diz respeito à movimentação do concreto. O objetivo é reduzir o número de vazios, bolhas de ar e excesso de água no interior da massa de modo que o concreto fique mais denso e compacto. Esse procedimento deverá ocorrer durante e imediatamente após o lançamento do concreto a fim de gerar a saída do ar e facilitar a disposição interna dos agregados melhorando, assim, o contato do concreto com as fôrmas e as ferragens.

A energia e o tempo de adensamento irão depender da trabalhabilidade do material e do equipamento utilizado, dessa forma sendo executado conforme a consistência do concreto onde a agulha do adensador deverá ser introduzida e retirada lentamente.

Não é recomendável vibrar além do necessário. A vibração em excesso é pior do que a falta dela, pois causa a segregação dos agregados e o afloramento superficial da água. O adensamento do concreto só será eficiente se o raio de ação dos vibradores ocorrer em camadas subsequentes e adjacentes.

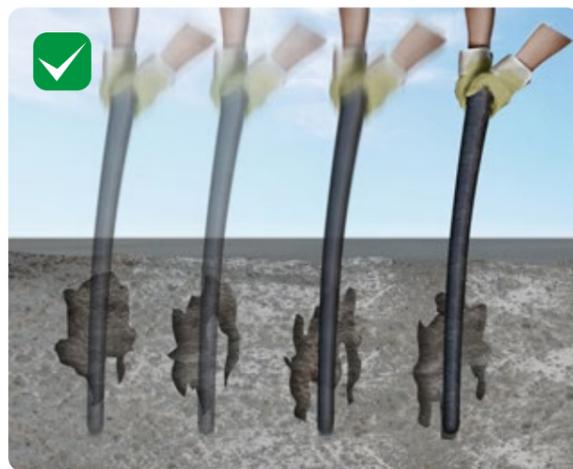


Figura 5.33 - Certo



Figura 5.34 - Errado

5.15 - PROCESSO DE CURA

Uma boa 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.

O concreto deve ser protegido contra a ação das intempéries, tais como: vento, baixa umidade relativa do ar e temperaturas elevadas. Recomenda-se que, por um período de no mínimo sete dias, a superfície da laje seja irrigada periodicamente e, se possível, coberta com mantas umedecidas ou lonas que evitem a exposição da superfície aos raios solares.



Figura 5.35

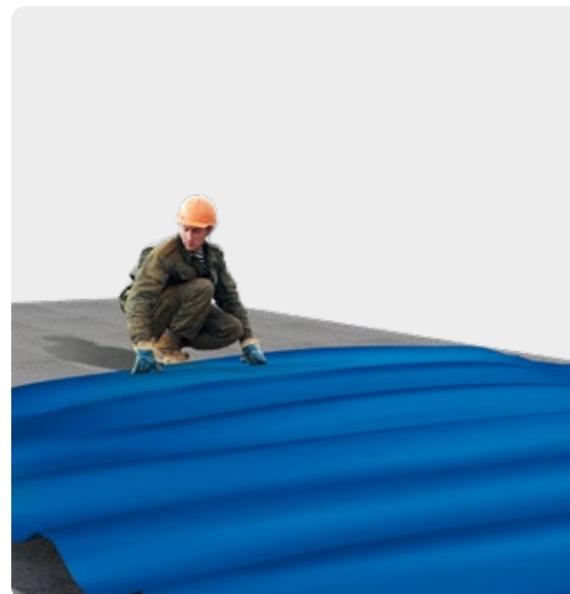


Figura 5.36

5.16 - RETIRADA DOS ESCORAMENTOS

As escoras são definidas como uma estrutura provisória com o objetivo de suportar as tensões da laje até a conclusão do processo de cura do concreto. A retirada das escoras deverá ser feita do centro para as extremidades em se tratando de laje apoiada - e nunca o contrário (figura 5.37). O objetivo é evitar que tensões elevadas sejam aplicadas de uma só vez, pois com a retirada das escoras centrais avançando para as pontas, as tensões são aplicadas pouco a pouco. Ao contrário das lajes apoiadas, o sentido de retirada das escoras nas lajes engastadas (marquises) deverá ser da ponta para o engaste, evitando um pico de tensão elevada. Em edificações de múltiplos pavimentos é necessário o escoramento dos pavimentos inferiores, com o fim de melhorar a distribuição das tensões. A retirada das escoras deverá ser realizada dos pavimentos de cima para baixo.



Figura 5.37

5.17 - IMPERMEABILIZAÇÃO DA LAJE

A impermeabilização da laje é de extrema importância. Problemas como infiltração ou corrosão nas armaduras por exposição são evitados ao fazer uso dessa solução.

Normalmente, as lajes de cobertura ficam diretamente expostas ao sol e à chuva, tornando o uso de impermeabilizante indispensável para evitar que a superfície apresente problemas com a ação da água.

A aplicação do impermeabilizante na laje é um trabalho simples. É necessário realizar a limpeza da superfície antes de receber o impermeabilizante. A ação garante que a película seja corretamente executada e que desempenhe o papel de proteger a área.

5.18 - PINO PENDURAL TUPER

A aplicação não necessita de ferramentas específicas para a fixação junto à vigota e, por ser fixado por meio de pressão, não é danificado e pode ser reutilizado. Possui como princípio básico ser um grampo de sustentação em estrutura monobloco a ser encaixado sob pressão em

PASSOS RECOMENDADOS PARA INSTALAÇÃO:

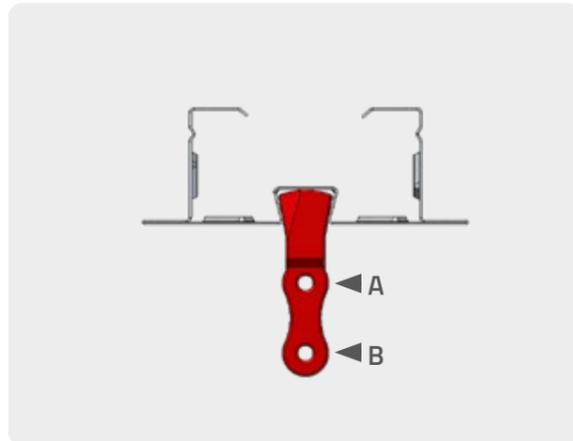


Figura 5.19

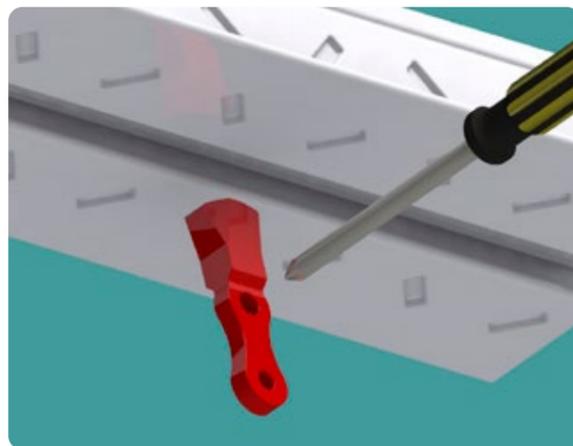


Figura 5.20 - Passo 1

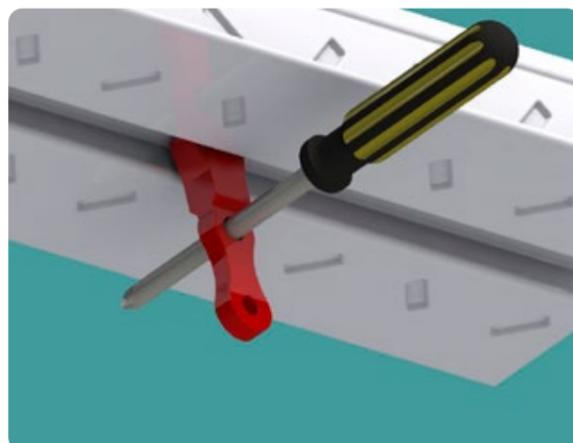


Figura 5.21 - Passo 2

perfis estruturais incorporados a lajes e transpassado por cabos de sustentação dos revestimentos e acessórios em geral. Possibilita, de forma extremamente prática e segura, a otimização no conjunto de procedimentos manuais. Cada pino tem resistência de 35 Kg de tração.

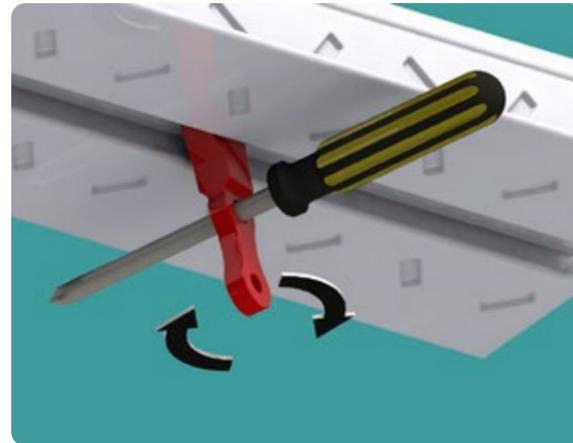


Figura 5.22 - Passo 3



Figura 5.23 - Passo 4

ATENÇÃO: somente o furo A deve ser utilizado para o encaixe do pino pendural na vigota. O furo B deve ser destinado exclusivamente para a instalação de eletrocalhas, cabos de sustentação de revestimentos e outros acessórios de condução.



Figura 5.24



Figura 5.44

5.19 - APOIO AO CLIENTE

A Tuper fornece serviços que garantem tranquilidade e segurança ao cliente na compra dos produtos.

Informações prévias sobre custos, consumo, materiais complementares, pré-dimensionamentos e outros itens importantes para construtores e projetistas na elaboração de propostas técnico-comerciais.

Suporte técnico de profissionais aos calculistas e projetistas na fase de dimensionamento com

fornecimento de informações sobre tipos de laje, capacidades, distribuição de cargas, cargas concentradas, consumos de concreto e aço e outros dados referentes ao processo de cálculo de acordo com a necessidade do projeto.

Material orientativo para montagem das lajes contendo informações fundamentais a respeito de quantidades, tipos, armações complementares, espessuras da capa de concreto, instruções para remoção do escoramento, entre outros detalhes.



SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A geração de resíduos e entulhos nos canteiros de obras, juntamente com as atividades nocivas de extração de matéria-prima e o alto consumo de energia representam desafios que demandam medidas para minimizar os impactos relacionados aos processos construtivos. O conceito de sustentabilidade na construção civil garante que ações sejam tomadas antes, durante e após as atividades nas obras para que seja possível reduzir o impacto ambiental, otimizar a eficiência econômica e melhorar a qualidade de vida das gerações atual e futuras.

Abrangendo o consumo consciente de matéria-prima, o reaproveitamento de resíduos e a redução de desperdícios, os princípios de sustentabilidade na construção civil – quando bem aplicados – trazem uma série de vantagens. Cada vez mais comuns, eficientes e acessíveis, as tecnologias sustentáveis são ferramentas que permitem causar impacto positivo sobre o meio ambiente.

É este conceito de sustentabilidade que está presente nos produtos Tuper, como no sistema construtivo de Lajes Mistas Nervuradas, que leva em conta o uso de materiais como o aço e o EPS (poliestireno expandido), componentes amplamente associados ao desenvolvimento sustentável. Os dois materiais, aço e EPS, são totalmente recicláveis e podem ser reutilizados diversas vezes. Isso significa que, ao final da vida útil, não se tornam resíduos que devem ser decompostos pelo meio ambiente. São materiais que podem ser reciclados, podendo ser transformados novamente em matéria-prima sem que a qualidade seja perdida no processo.

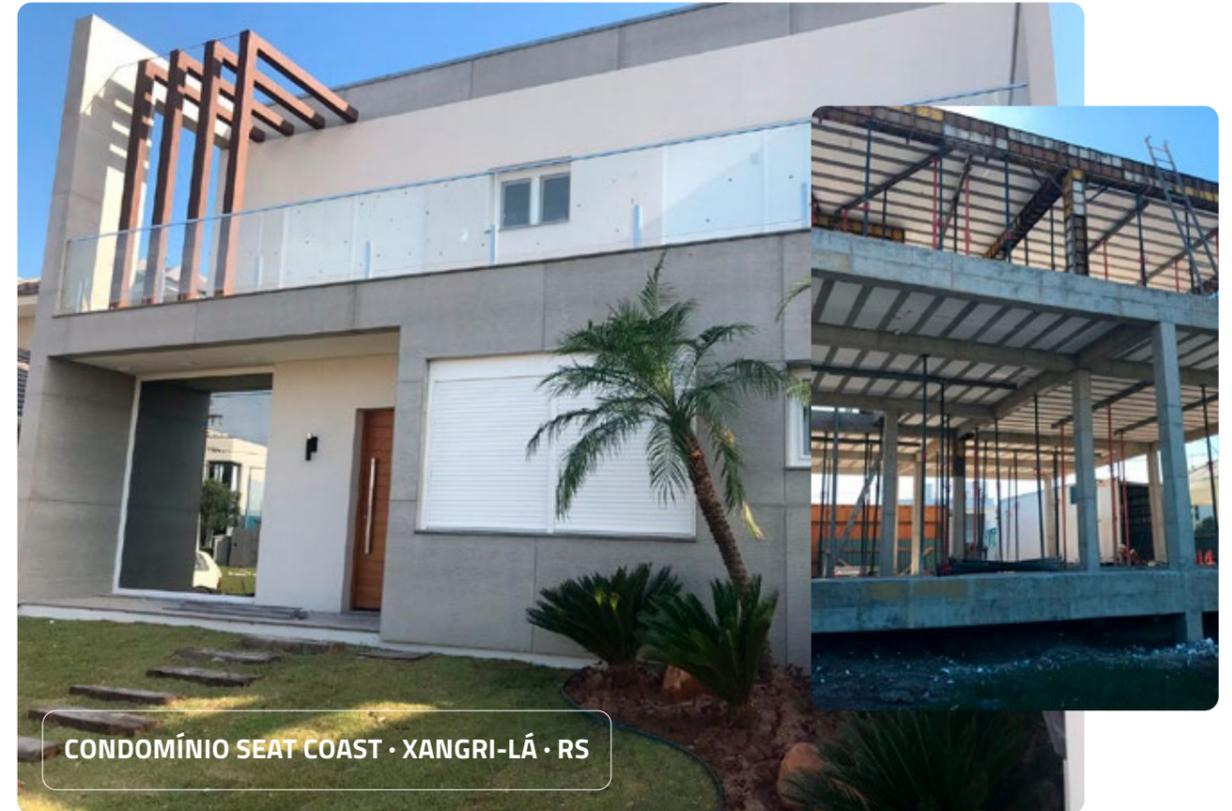
A Tuper respeita o meio ambiente e os recursos renováveis e, por isso, busca criar soluções que, além de se destacarem como diferenciais competitivos, apresentem características que tornem os produtos uma importante parte do processo para construções conscientes e sustentáveis.

OBRAS DE REFERÊNCIA



EMPREENHIMENTO VISION • ERECHIM • RS

OBRAS DE REFERÊNCIA



CONDOMÍNIO SEAT COAST • XANGRI-LÁ • RS

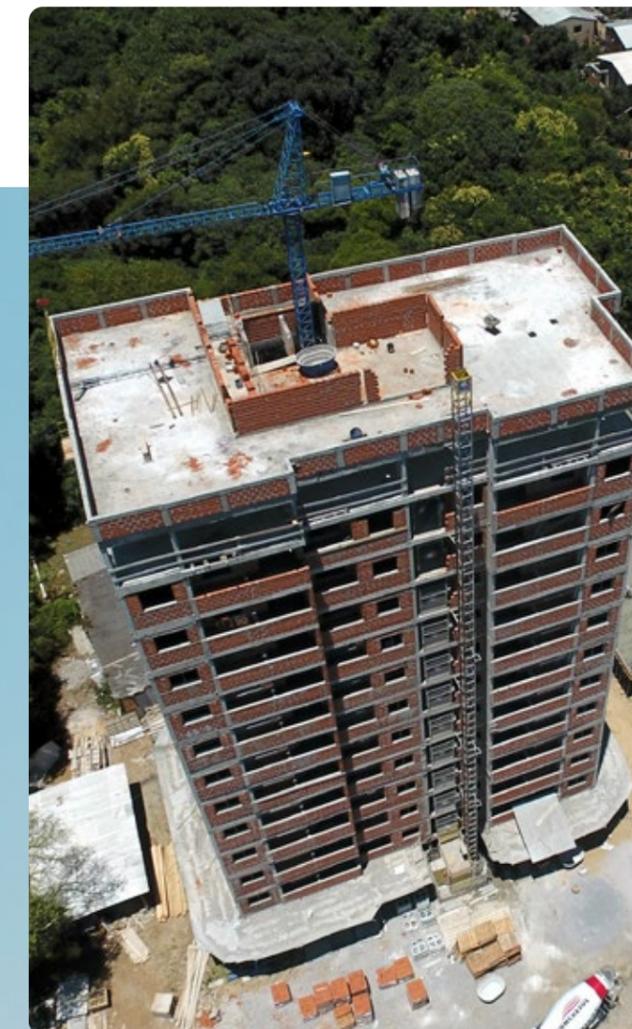


RESIDENCIAL DAS OLIVEIRAS • ESTÂNCIA VELHA • RS



EDIFÍCIO DONA EMÍLIA KOPP RUTHES • MAFRA • SC

RESIDENCIAL JARDIM SAN PAULO · BENTO GONÇALVES · RS



A gente transforma o aço.
E o aço transforma você.



**Tuper. Uma das maiores
processadoras de aço do Brasil.**



Assista ao nosso manifesto:

   /grupotuper tuper.com.br





TUPER S.A.

Avenida Prefeito Ornith Bollmann, 1441

Bairro Brasília

CEP 89288-900 • São Bento do Sul • SC

☎ +55 47 3631 5000

tuper@tuper.com.br

tuper.com.br

   /grupotuper