

# UTILIZAÇÃO DE CHAPA METÁLICA COMO ARMADURA DE TRAÇÃO DA LAJE *STEEL DECK*: APLICAÇÃO EM UM ESTUDO DE CASO

CHIMERES, Gleydson Garcia <sup>1</sup>

VOLSKI, Isabela <sup>2</sup>

COSTA, Bárbara Pergher Dala <sup>3</sup>

FREITAS, Carolina de <sup>4</sup>

## RESUMO

Na construção civil surgem novas metodologias e sistemas construtivos que visam melhor desempenho executivo. Um exemplo são as lajes mistas que são lajes maciças em concreto com a aplicação de chapa metálica, conhecidas pela sua sigla em inglês *Steel Deck*. Tendo em vista a problemática da utilização desse sistema inovador, a pesquisa tem como objetivo dimensionar uma laje com a utilização de chapa metálica como armadura de tração no sistema *Steel Deck*, visando a sua aplicação. Diante do tema pouco explorado, utilizou-se a metodologia do tipo exploratória e quantitativa, sendo possível mensurar e quantificar os resultados por meios de cálculos e análises das características da estrutura em estudo. A partir dos resultados obtidos pelo dimensionamento, evidenciou-se que a telha-fôrma do sistema *Steel Deck* é adequada para a utilização na estrutura em estudo, sendo compatível com os esforços e apresentando segurança às solicitações estruturais analisadas.

**Palavras-chave:** Laje mista. *Steel Deck*. Dimensionamento.

## ABSTRACT

In civil construction, new construction methodologies and systems emerge that aim at better executive performance. An example is the composite slabs, which are solid slabs in concrete with the application of sheet metal, known by its acronym in English *Steel Deck*. In view of the problem of using this innovative system, the research aims to design a slab using sheet metal as tensile reinforcement in the *Steel Deck* system, aiming at its application. In view of the little explored theme, exploratory and quantitative methodology was used, making it possible to measure and quantify the results by means of calculations and analysis of the characteristics of the structure under study. From the results obtained by the design, it was evident that the formwork tile of the *Steel Deck* system is suitable for use in the structure under study, being compatible with the efforts and presenting safety to the analyzed structural requirements.

**Keywords:** Mixed slab. *Steel Deck*. Sizing.

---

<sup>1</sup> Acadêmico Curso Engenharia Civil, Centro Universitário Campo Real  
([eng-gleydsonchimeres@camporeal.edu.br](mailto:eng-gleydsonchimeres@camporeal.edu.br))

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Civil pela UFPR, Professora do Centro Universitário Campo Real  
([prof\\_isabelavolski@camporeal.edu.br](mailto:prof_isabelavolski@camporeal.edu.br))

<sup>3</sup> Professora Especialista, Centro Universitário Campo Real ([prof\\_barbaracosta@camporeal.edu.br](mailto:prof_barbaracosta@camporeal.edu.br))

<sup>4</sup> Professora, Centro Universitário Campo Real ([prof\\_carolinafreitas@camporeal.edu.br](mailto:prof_carolinafreitas@camporeal.edu.br))

## INTRODUÇÃO

A contínua busca por redução de custos e diminuição de prazos na construção civil faz com que surjam oportunidades para a aplicação de sistemas construtivos diferentes dos convencionais. Com isso, têm-se o exemplo das lajes mistas, que ao invés de lajes maciças de concreto armado, formam um sistema constituído de uma chapa metálica e concreto, com cada componente do sistema atuando de forma isolada, preliminarmente e, após o concreto atingir 75% de sua resistência à compressão, atribui-se o comportamento misto à estrutura (BONINI, 2013).

Como um sistema de laje mista, sistema denominado *Steel Deck* viabiliza uma construção mais racional, com maior desempenho e produtividade, sendo uma possibilidade tecnológica para o desenvolvimento da construção (CORDEIRO, 2016). O mesmo autor cita dentre as vantagens do sistema de lajes mistas a dispensa de escoramento (na maior parte dos casos), redução de desperdício de materiais, eliminação da armadura de tração na região de momentos positivos, praticidade de instalação, agilidade na execução e redução do tempo de obra quando o escoramento não é necessário.

Segundo Souza e Melo (2017), salienta-se que existem algumas barreiras para que esse método seja pouco empregado no Brasil, sendo o financeiro o maior índice. Estudos apontam que o custo é em torno de 30% maior do que as lajes convencionais. Outro fator é a oferta do material, sendo evidenciado que com o aumento da fabricação das telhas-fôrma a oferta tende a aumentar e o preço final a diminuir. Além do alto custo e baixa oferta, outro fator evidenciado é a falta de mão de obra especializada para trabalhar com esse tipo de estrutura, sendo necessário, muitas das vezes, buscar empresas e profissionais em outras localidades, agregando custo à obra.

Tendo em vista a problemática da utilização desse sistema inovador, essa pesquisa tem como objetivo efetuar o dimensionamento de uma laje com utilização de chapa metálica como armadura de tração no sistema *steel deck* visando a aplicação desse sistema. Para tanto, os métodos utilizados foram a pesquisa bibliográfica para embasamento do tema e respectivas normativas e aplicação das mesmas para dimensionamento, relatando-se a utilização desse sistema.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. LAJE *STEEL DECK*

Dentre os vários métodos construtivos, encontram-se várias soluções para laje. A escolha do tipo mais apropriado depende de muitas variáveis, sendo que além de resistir ao

peso próprio e as solicitações de carga e sobrecargas a ela aplicados, deve ser apropriada a obra que for utilizada, que por mais que uma solução estrutural seja boa, não necessariamente, seja a melhor solução para as inúmeras situações (BONINI, 2013).

Na procura por um sistema industrializado e racionalizado, engenheiros e projetistas norte-americanos viram os benefícios e vantagens da combinação das propriedades estruturais de chapa de aço juntos ao concreto moldado *in loco* (LIMA, 2017). A tecnologia *Steel Deck* não é recente, tendo seu primeiro registro em 1926, porém não como fôrma colaborante. Em 1939 foi fundado o SDI - *Steel Deck Institute* nos EUA. Em 1950 o *Steel Deck* começou a ser utilizado como fôrma colaborante nos EUA. No Brasil, em 1978 foi construído o edifício em *Steel Deck* para a Embaixada Americana em Brasília, projetada pelo Eng. Welder Silva de Miranda (PERFILOR, 2015).

As Lajes *Steel Deck* são definidas pela NBR 8800 como laje mista de aço e concreto. Também chamada de laje com fôrma de aço incorporada, na fase final, o concreto curado atua estruturalmente em união com a fôrma, ou seja, antes do concreto atingir 75% da resistência à compressão requerida, a fôrma de aço suporta isoladamente as ações permanentes e a sobrecarga de construção (ABNT, 2008). A chapa de aço atua como fôrma para o concreto fresco, não tendo a necessidade da aplicação de escoras, como no caso das formas de madeiras convencionais (LIMA, 2017)

O *Steel Deck* é conhecido também como fôrma colaborante, tratando-se de uma fôrma metálica para laje que têm função estrutural e que substitui parte da armadura da laje convencional. As fôrmas, assim, possuem o intuito de suportar e conter o concreto e servir de base para as demais cargas permanentes e sobrecargas de construção. Após a fase final de cura do concreto, as fôrmas ficam incorporadas, atuando como armaduras positivas, constituindo a laje mista (CORDEIRO, 2016).

No sistema existe o trabalho em conjunto desses dois materiais - o aço e o concreto. A ligação mecânica desses materiais é realizada através de deformações na chapa (mossa), que propiciam maior resistência ao cisalhamento entre a fôrma de aço e o concreto, impedindo que o concreto deslize na forma metálica. A laje *Steel Deck*, além de atuar como fôrma colaborante, substitui parte da armadura positiva da laje (PERFILOR, 2015).

O sistema é constituído basicamente por três elementos: a forma metálica, a capa de concreto e uma tela metálica. A espessura da capa de concreto varia de acordo com as solicitações da laje e a sobrecarga da qual é submetida, sendo a espessura mínima de 5 cm a partir do topo da forma metálica. A especificação da tela também varia de acordo com a espessura da capa de concreto e as solicitações da laje. De acordo com as especificações da norma ABNT NBR 16421:2015, recomenda-se que a fabricação seja feita com aço estrutural ZAR 280 com resistência mínima ao escoamento de 280 Mpa, e espessura mínima recomendada de 0,80 mm, podendo chegar a 1,25 mm.

As armaduras complementares podem ser aplicadas e impossibilitam o aparecimento de fissuras no concreto resultantes da variação térmica e retração. A armadura complementar é uma malha de aço com formato quadrado, que têm por finalidade atuar como armadura transversal, inibindo a fissuração ao longo do alinhamento de conectores, auxiliando na redução da fissuração nos apoios e obtenção de resistência à flexão nos apoios de laje (SOUZA; MELO, 2017).

A determinação da tela metálica, quando requerido com função estrutural, e de qualquer outra armadura de laje que possivelmente seja requerida, necessitará ser dimensionada pelo calculista do projeto. O dimensionamento da *Steel Deck* habitualmente pode ser executado utilizando tabelas fornecidas pelos fabricantes, sendo nelas possível discernir a espessura da chapa de aço e da capa de concreto ideal para atender às solicitações de sobrecargas e as solicitações da laje e os vãos determinados em projeto. Sendo assim, é plausível identificar também se é necessário fazer o uso de escoras no centro de vão e se esses elementos quando necessários poderão ser retirados oito dias após a concretagem. (CORDEIRO, 2016)

Os conectores de cisalhamento utilizados nessa laje, chamados de *Stud Bolt*, são pinos soldados (o método indicado é por eletrofusão) diretamente nas vigas de suporte da laje para assegurar que se obtenha uma interação, ou seja, uma união entre telha de aço e o concreto armado. Somente conectores dúcteis devem ser utilizados para essa aplicação (SOUZA; MELO, 2017). A junção entre a fôrma de aço e o concreto é fundamental, pois a “ausência de aderência gera um deslizamento entre os dois materiais fazendo com que ambos trabalhem de forma isolada, além de impossibilitar a transferência de esforços” (BONINI, 2013).

Para Mondardo e Vargas (2018) pela falta de praticidade em se realizar os cálculos e dimensionamento desse tipo de laje, bem como o não conhecimento prático da execução, algumas empresas optam por utilizar as fôrmas de aço padronizadas e pré-dimensionadas por empresas fornecedoras do material, e, para o dimensionamento, utilizam as tabelas pré estabelecidas pelas próprias fabricantes do material.

## 2.2. DIMENSIONAMENTO DA LAJE *STEEL DECK*

As lajes são desenvolvidas por elementos planos que possuem duas dimensões maiores que a terceira (espessura). Para Pinheiro (2010) as lajes são placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios; travam os pilares e distribuem as ações horizontais entre os elementos de contraventamento.

A NBR 8800 preconiza que quando a laje for projetada como contínua é permitido o uso de um vão simplesmente apoiado equivalente para determinação

da resistência. O comprimento desse vão pode ser tomado igual a 0,8 vez o vão real para vãos internos e a 0,9 vez para vãos de extremidade (ABNT, 2008). Na mesma norma, para os estados-limites últimos de lajes mistas de aço e concreto, deve-se considerar que todo o carregamento é sustentado pelo sistema de aço e concreto.

No dimensionamento das lajes mistas do tipo *Steel Deck* é efetuado duas observações principais: o dimensionamento da fôrma para o concreto fresco, sendo considerado as cargas e sobrecargas da obra, e a laje como um todo em conjunto o concreto, em fase final de cura. (MONDARDO; VARGAS, 2018). Deve-se considerar a prescrição da NBR 8800 (ABNT, 2008), avaliando-se que na fase inicial (antes do concreto atingir 75% da resistência à compressão especificada) a fôrma de aço suportar isoladamente as ações permanentes e a sobrecarga de construção. Somente no momento em que o concreto atinge a resistência requerida de projeto é que o sistema misto de concreto e aço se inicia como um sistema monolítico. Portanto, quando se dimensiona a estrutura de laje mista, deve-se calcular a fôrma para que possa suportar a sobrecarga de construção e o peso do concreto fresco até atingir  $75\% f_{ck}$  (PINHEIRO, 2010).

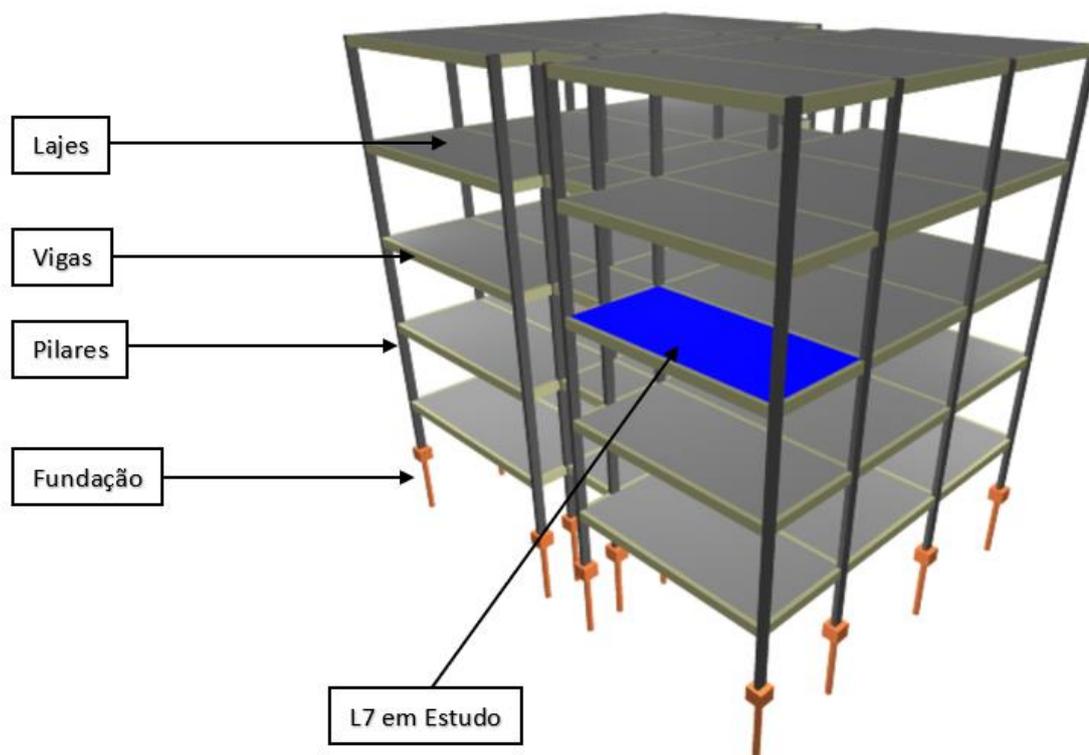
No caso de não haver momentos fletores positivos a fôrma de aço da laje mista substitui a armadura de tração. Porém, quando há momento negativo na laje será necessário a adição de uma armadura superior aos apoios. A adição dessa armadura evita o aparecimento de fissuras no concreto que podem ocorrer sobre os pontos de apoios.

### **3 METODOLOGIA**

A metodologia aplicada neste trabalho é do tipo exploratória, pesquisa realizada quando o tema escolhido é pouco explorado, sendo difícil a formulação e operacionalização de hipóteses (OLIVEIRA, 2018). Caracterizando-se também como quantitativa, sendo possível mensurar e quantificar os resultados obtidos por meio de cálculos e análises as características da estrutura em estudo, seguindo as normas técnicas existentes para lajes mistas - NBR 8800 (ABNT, 2008) – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios e apoio do catálogo técnico Polydeck 59S® da empresa Arcelormittal.

Na Figura 1 observa-se a apresentação do projeto modelo utilizado como base para estudo, análise e verificações da laje com as solicitações de carregamentos.

Figura 1 - Sistema estrutural e identificação da laje em estudo



Fonte: Autoria própria (2021)

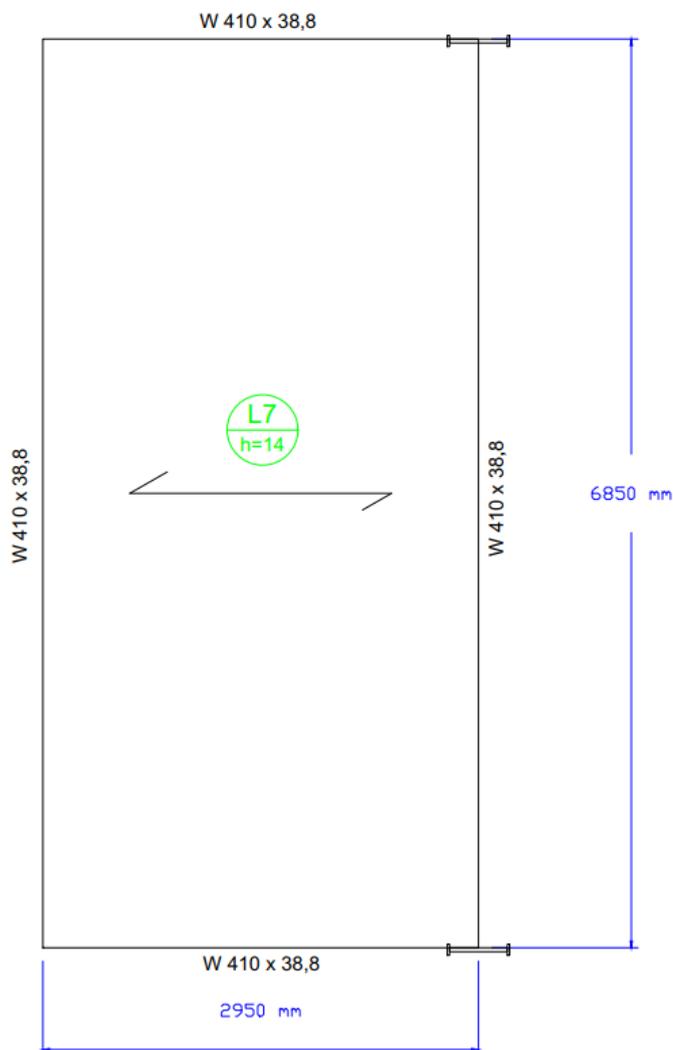
Foram ponderados os tópicos em relação aos tipos de lajes em estudo, com base na bibliografia existente sobre as mesmas, visando analisar e compreender as características da estrutura analisada. O foco da pesquisa foi a laje maciça mista, sendo a menos utilizada no Brasil e, portanto, seu uso tem caráter inovador.

Na sequência foi desenvolvido para o vão laje visualizado na Figura 1, cálculos estruturais para a verificação da flexão, cisalhamento longitudinal e transversal bem como seu deslocamento. Após comparados e analisados os resultados obtidos, apresenta-se as conclusões a respeito de seus métodos e qualidades em relação à outras lajes convencionais.

### 3.1. DESCRIÇÃO DA LAJE EM ESTUDO

O estudo do dimensionamento da laje é de uma edificação comercial destinada a escritórios e salas comerciais, sendo alguns pavimentos com cargas elevadas, constituída de 4 pavimentos, compostos por área de 209,92 m<sup>2</sup>, totalizando 839,68 m<sup>2</sup> de edificação. A laje em estudo é a L7 do 2º pavimento, com vãos de 2,95 m, 6,85 m de comprimento e altura de 0,14 metros. As vigas são formadas por um perfil laminado tipo W410 x 38,8. A Figura 2 apresenta a laje em estudo, para visualização dessas características.

Figura 2: Laje em estudo



Fonte: Autoria própria (2021).

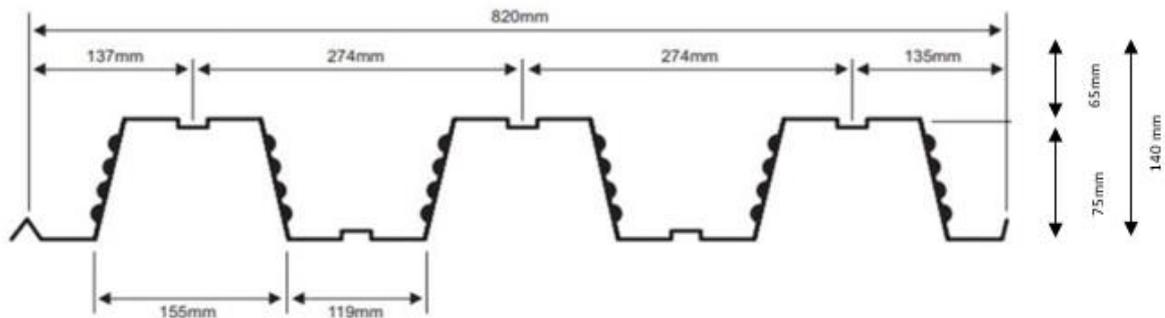
A seguir serão apresentados os resultados da análise do uso da laje *Steel Deck*.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este trabalho, foi utilizada para o dimensionamento a telha-fôrma MF-75 (Figura 3), fabricada pela Metform S/A<sup>®</sup>, com as suas propriedades detalhadas na Tabela 1. A escolha do modelo da telha-fôrma MF-75, que possui altura de 75 mm e largura útil de 820 mm, foi pautada na recomendação do fabricante para ser utilizada em empreendimentos industriais e lajes com necessidade de resistência a cargas elevadas, sendo aplicado na edificação em estudo, pois conforme caracterização da obra, demanda cargas elevadas nas lajes. O outro modelo de telha-fôrma disponibilizado pelo fabricante é a MF-50, que possui altura de 50mm

e largura útil de 915mm, sendo aplicado em edificações urbanas do tipo hotéis, hospitais, escritórios, edifícios, garagens, e entre outras aplicações.

Figura 3 – Seção da Telha-fôrma MF-75



Fonte: Adaptada do Manual técnico Metform (2019)

Tabela 1 – Propriedades físicas telha-fôrma MF-75

Esp. Final (t) mm	Esp. Projeto mm	Altura Total (hF) mm	Peso Kg/m <sup>2</sup>	Reações Máximas de Apoio		Módulo de Resistência mm <sup>3</sup>	Inércia p/ Deformação mm <sup>4</sup>	Área de Aço mm <sup>2</sup>	Centro Gravidade mm
				Externo kN	Interno kN				
0,80	0,76	74,98	9,37	6,76	21,01	22.710	1.017.138	1.112	37,49
0,95	0,91	75,13	11,12	8,9	29,7	28.788	1.254.749	1.332	37,57
1,25	1,21	75,43	14,63	14,62	49,53	40.599	1.666.741	1.771	37,72

Propriedades para largura de 1.000 mm

Material: aço **ZAR-280** (ASTM A-653 gr.40), limite de resistência ao escoamento: **280 Mpa**, galvanização **Z-275**.

Fonte: Adaptada do Manual técnico Metform (2019)

O perfil da fôrma de aço é o Telha-Fôrma MF-75 com espessura de 0,95 mm, aço ZAR-280 (ASTM A-653 gr.40), galvanização Z-275, limite de escoamento de 280 MPa e concreto com resistência característica aos 28 dias  $f_{ck} = 25MPa$ .

Os dados utilizados no dimensionamento são:

$d_F$  = distância da face superior da laje de concreto ao centro geométrico da seção efetiva da fôrma;

$b$  = largura unitária da laje, tomada igual a 1000 mm

$b_o$  = distância da face da telha até o centro da fôrma geométrica

$b_n$  = largura entre duas nervuras consecutivas.

$t_c$  = altura da laje de concreto acima do topo da fôrma de aço

$AF_{,ef}$  = área da seção da fôrma de aço.

Dados do fabricante:

$$d_F = 102,5 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$b_o = 137 \text{ mm}$$

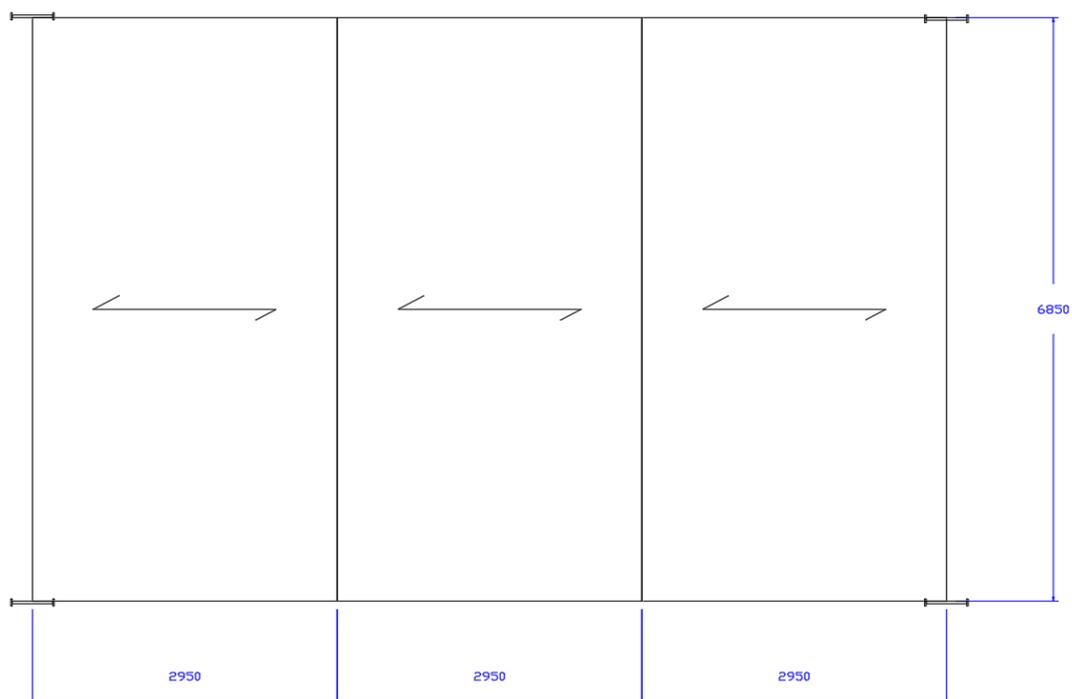
$$b_n = 274 \text{ mm}$$

$$t_c = 65 \text{ mm}$$

$$AF_{,ef} = 1332 \text{ mm}^2$$

Para o dimensionamento da laje descrita no item 3.1, utilizada como base desse estudo, são necessários os dados das lajes vizinhas, pois a partir disso é elaborado o esquema estático da laje e o digrama de esforço cortante, sendo apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Laje Pavimento tipo (dimensões em mm)



Fonte: Autoria própria (2021)

O carregamento considerados nos cálculos têm os seguintes valores:

- Peso próprio da Laje (CP1) [Anexo A] ..... 2,52 kN/m<sup>2</sup>
- Revestimento (CP2) [NBR6120] ..... 1,00 kN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga de Utilização (SC) [NBR6120] ..... 2,00 kN/m<sup>2</sup>
- Sobrecarga Sobreposta Máxima, vão de 3000mm [Anexo A] ..... 5,76 kN/m<sup>2</sup>

O cálculo da sobrecarga atuante na laje são os carregamentos (CP2) e (SC), sendo o peso próprio (PP) da laje desconsiderado, conforme recomendação do manual técnico do fabricante. O mesmo manual indica que nenhum fator de majoração seja considerado (01) efeitos de cálculos (METFORM, 2017). Dessa forma, a sobrecarga máxima atuante na telha-fôrma MF-75 é obtida pela Equação 1.

$$C_T = CP_2 + SC \quad (01)$$

$$C_T = 1,00 + 2,00$$

$$C_T = 3,00 \text{ kN/m}^2$$

Como a sobrecarga máxima suportada na telha-fôrma MF-75 é de 5,76 kN/m<sup>2</sup>, esta verificação está atendida.

O carregamento total de cálculo ( $C_T$ ) para determinar os esforços é obtido (02) Equação 2.

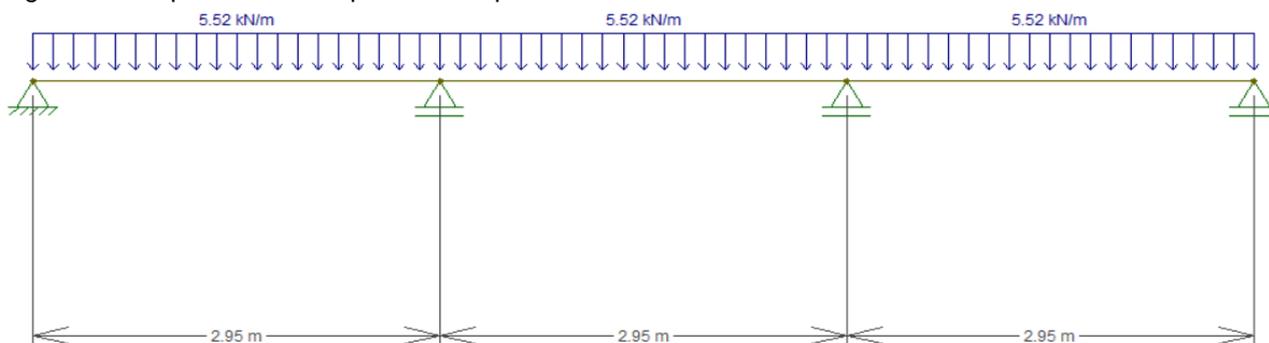
$$C_T = (CP_1 + CP_2 + SC) \quad (02)$$

$$C_T = (2,52 + 1,00 + 2,00)$$

$$C_T = 5,52 \text{ kN/m}^2$$

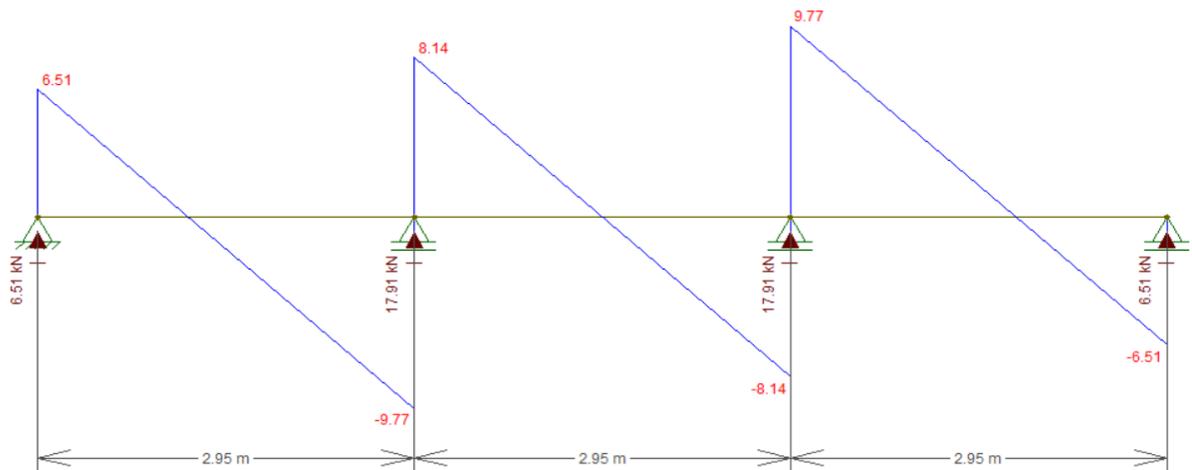
O esquema estático da laje é o diagrama de esforço cortante, com dimensões em metros, como descrito nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Figura 5 – Esquema estático pavimento tipo



Fonte: Ftool (2021).

Figura 6 – Diagrama de Esforço Cortante (kN)



Fonte: Ftool (2021).

Conforme o diagrama de esforço cortante da Figura 5, o valor solicitante máximo ( $V_{sd}$ ) é 9,77 kN. Para o dimensionamento, a laje é considerada bi-apoiada de 2950mm. Portanto, o momento fletor máximo de cálculo é dado pela Equação 3.

$$M_{sd} = \frac{C_T \cdot L^2}{8} \quad (03)$$

Sendo:

$M_{sd}$  = Momento fletor máximo de cálculo;

$C_T$  = Carregamento Total de Cálculo;

$L^2$  = vão efetivo da laje.

Substituindo-se os valores na equação (03) tem-se:

$$M_{sd} = \frac{5,52 \cdot (2,95)^2}{8} = 6,00 \text{ kN.m}$$

Para a verificação da flexão serão utilizadas as equações 04 e 05, em que se não houver a necessidade de armadura adicional, o momento fletor positivo é calculado levando-se em consideração a posição da linha neutra em relação a fôrma de aço.

$$N_{pa} = A_{F,ef} \cdot f_{yd} \quad (04)$$

Sendo:

$N_{pa}$  = força de tração na fôrma de aço, considerando interação total ao cisalhamento longitudinal;

$A_{F,ef}$  = é a área da seção efetiva da fôrma (correspondente a 1000 mm), determinada desprezando-se a largura das mossas na seção transversal, a menos que se demonstre por meio de ensaios que uma área possa ser utilizada;

$f_{yd}$  = tensão de escoamento simplificada do aço.

$$N_{pa} = 13,32 \cdot \frac{28}{1,15}$$

$$N_{pa} = 324,31 \text{ kN}$$

$$N_{cf} = 0,85 \cdot b \cdot tc \cdot f_{cd} \quad (05)$$

Sendo:

$N_{cf}$  = força de compressão do concreto, considerando interação total ao cisalhamento longitudinal;

$b$  = largura unitária da laje, tomada igual a 1000 mm;

$tc$  = altura total de concreto acima do topo da fôrma de aço;

$f_{cd}$  = resistência de cálculo à compressão do concreto.

Substituindo-se os valores na equação (05) tem-se:

$$N_{cf} = 0,85 \cdot 100 \cdot 6,5 \cdot \frac{25}{1,4}$$

$$N_{cf} = 986,61 \text{ kN}$$

Como  $N_{cf} > N_{pa}$ , a linha neutra plástica (NLP) encontra-se acima da fôrma de aço. Desta maneira o valor de momento resistente é calculado conforme a equação 06, respectivamente:

$$M_{rd} = N_{pa} (d_F - 0,5 a) \quad (06)$$

Sendo:

$M_{rd}$  = Momento fletor resistente;

$N_{pa}$  = força de tração na fôrma de aço, considerando interação total ao cisalhamento longitudinal;

$d_F$  = distância da face superior da laje de concreto ao centro geométrico da seção efetiva da fôrma;

$a$  = altura do bloco de compressão do concreto.

$$a = \frac{N_{pa}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b} \quad (07)$$

Sendo:

$N_{pa}$  = força de tração na fôrma de aço, considerando interação total ao cisalhamento longitudinal;

$f_{cd}$  = resistência de cálculo à compressão do concreto.

$b$  = largura unitária da laje, tomada igual a 1000 mm;

Substituindo-se os valores na equação (06) tem-se:

$$a = \frac{324,31}{0,85 \cdot \frac{25}{1,4} \cdot 1}$$
$$a = 21,36 \text{ mm}$$

Sendo assim:

$$M_{rd} = 324,31 \cdot (102,5 - 0,5 \cdot 21,36) \cdot 10^{-3}$$
$$M_{rd} = 29,79 \text{ kN.m}$$
$$M_{sd} = 6,00 \text{ kN.m}$$

Como  $M_{rd} > M_{sd}$  a verificação está OK.

A verificação de cisalhamento longitudinal foi determinada utilizando-se a largura relativa de 1000 mm, sendo usada a equação 08 de acordo com a NBR 8800 (ABNT, 2008).

$$V_{l,rd} = \frac{b \cdot d_F \left[ \left( \frac{m \cdot A_{F,ef}}{b \cdot L_s} \right) \right]}{Y_{SL}} \quad (08)$$

$$L_s = \frac{L_f}{4} \quad (09)$$

Sendo:

$d_F$  = distância da face superior da laje de concreto ao centro geométrico da seção efetiva da fôrma, em milímetros (mm);

$b$  = largura unitária da laje, tomada igual a 1000 mm;

$Y_{SL}$  = coeficiente de ponderação a resistência, o mesmo determinado pela norma ou utilizada nos ensaios;

$A_{F,ef}$  = área da seção efetiva da fôrma (correspondente a 1000 mm).

$L_s$  = vão de cisalhamento, em milímetros (mm) [...] [deve ser tomado conforme a NBR 8800 (ABNT,2008) como:

$L_f / 4$  para cargas uniformemente distribuídas, onde  $L_f$  é o vão teórico da laje da direção das nervuras; a distância entre uma carga aplicada e o apoio mais próximo para duas cargas concentradas simétricas; a relação entre o máximo momento e a maior reação de apoio, para outras condições de carregamento, incluindo combinação de carga distribuída ou cargas concentradas assimétricas (pode-se também efetuar uma avaliação com base em resultados de ensaios)];

$m$  e  $k$  = constantes empíricas em newton por milímetro quadrado (N/mm<sup>2</sup>), obtidas por meio de ensaios realizados conforme o Eurocode 4 Part 1-1 ou o CSSBI S2 ou o ANSI/ASCE 3, adaptadas para assegurar o nível de segurança desta norma.

De acordo com Ferraz (2017), os valores de  $m$  e  $k$  são, respectivamente, 152,14 kN/m e 0,001697 kN/mm.m.

Substituindo-se os valores na Equação 08 e 09, tem-se:

$$L_s = 0,9 \cdot \frac{2,95}{4} = 0,66 \text{ m}$$

$$V_{l,Rd} = \frac{100 \cdot 1,025 \left[ \left( \frac{152,14 \cdot 1332}{1000 \cdot 660} \right) + 0,001697 \right]}{1,25}$$

$$V_{l,Rd} = 25,32 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 9,77 \text{ kN}$$

Portanto  $V_{l,Rd} > V_{sd}$ , a verificação está OK.

A verificação do cisalhamento transversal foi determinada utilizando-se a largura relativa de 1000 mm, sendo utilizada a Equação 10 conforme a NBR 8800 (ABNT, 2008).

$$V_{v,Rd} = V_{v,F,Rd} + V_{v,c,Rd} \leq V_{max} \quad (10)$$

Sendo:

$V_{v,F,Rd}$  = força cortante vertical resistente de cálculo da fôrma de aço;

$V_{v,c,Rd}$  = força cortante vertical resistente de cálculo do concreto;

$V_{m\acute{a}x}$  = limite da força cortante, relativo a 1000 mm de largura [...] dado por:

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{\{(1000 * 0,285 (fck)^{\frac{1}{2}} Ay)\}}{bn} \quad (11)$$

Onde:

$Ay$  é a área resistente do concreto em milímetros quadrados;

$bn$  é a largura entre duas nervuras consecutivas, em milímetros.

Os valores de  $V_{v,Rd}$ ,  $V_{v,F,Rd}$ ,  $V_{v,c,Rd}$  e  $V_{max}$  estão disponíveis no Manual técnico – telha fôrma (Steel Deck) da Metform S/A®. Esses valores são tabelados em que o valor de  $V_{v,c,Rd}$  deverá ser considerado nos cálculos.

A força cortante vertical resistente de cálculo do concreto, relativa a 1000 mm de largura, foi determinada pela Equação 12, conforme NBR 8800 (ABNT, 2008).

$$V_{v,c,Rd} = \frac{1000 \cdot \tau_{Rd} \cdot K_v \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) \cdot A_v}{b_n} \quad (12)$$

Considerando-se:

$$\rho = \frac{A_s}{A_v} \leq 0,02 \quad (13)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(1,6 - \frac{d}{1000}\right) \geq 1,0 \text{ caso haja armadura longitudinal de tração que se } k_v = \text{estenda a} \\ \text{não menos que } d + lb_{mec} \text{ além da seção considerada} \\ 1,0 \text{ nos outros casos} \end{array} \right\}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \cdot f_{ctd} \quad (14)$$

$$f_{ctd} = \frac{\eta \cdot f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad (15)$$

$$f_{ctr,inf} = 0,21 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (16)$$

Sendo:

$A_v$  = área resistente do concreto, em milímetros quadrados;

$A_s$  = área da armadura longitudinal de tração, referente à área  $A_v$ , em milímetros quadrados;

$d$  = distância da face superior da laje de concreto ao centro da armadura longitudinal de tração;

$b_n$  = largura entre duas nervuras consecutivas, em milímetros;

$lb_{mec}$  = comprimento de ancoragem necessário, dado pela NBR 6118 (ABNT, 2004) para o concreto de densidade normal;

$$\eta = 0,3 + 0,7 \left(\frac{\rho_c}{2400}\right) \quad (17)$$

Onde:

$\rho_c$  a massa específica do concreto, em quilogramas por metro cúbico, não podendo ser tomado valor superior a 2400 kg/m<sup>3</sup>;

$\tau_{Rd}$  = tensão de cisalhamento resistente de cálculo;

$f_{ctd}$  = resistência do concreto a tração direta;

$f_{ctk,inf}$  = resistência à tração direta característica inferior do concreto.

Substituindo-se os valores na Equação 18, tem-se:

$$V_{vRd} = \frac{1000 \cdot \tau_{Rd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho) \cdot A_v}{b_n} \quad (18)$$

Onde:

$$\rho = \frac{A_s}{A_v} \leq 0,02 \quad (19)$$

$$A_s = 1,332 \cdot 137 \quad (20)$$

$$A_s = 182,48 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{182,48}{137 \cdot 102,5} = 0,012995 \leq 0,02 \therefore OK!$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \cdot f_{ctd}$$

Sendo:

$$f_{ctd} = \frac{\eta \cdot f_{ctk,inf}}{\gamma_c} \quad (21)$$

$$f_{ctr,inf} = 0,21 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (22)$$

Substituindo-se os valores, tem-se:

$$f_{ctr,inf} = 0,21 \cdot 25^{2/3}$$

$$f_{ctr,inf} = 1,79 \text{ MPa}$$

$$\eta = 0,3 + 0,7 (\rho_c/2400)$$

$$\eta = 0,3 + 0,7 (2400/2400)$$

$$\eta = 1$$

$$f_{ctd} = \frac{1 \cdot 1,79}{1,25}$$

$$f_{ctd} = 1,43 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Rd} = 0,25 \cdot 1,43$$

$$\tau_{Rd} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$K_v = 1,6 - \frac{d_F}{1000} \quad (23)$$

$$K_v = 1,6 - \frac{102,5}{1000} = 1,49 > 1,00$$

Sendo assim:

$$V_{v,Rd} = \frac{0,358 \cdot 1,49 \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,0108) \cdot (137 \cdot 102,5)}{274 \cdot 1,4}$$

$$V_{v,Rd} = 31,87 \text{ kN}$$

$$V_{sd} = 9,77 \text{ kN}$$

Como  $V_{v,Rd} > V_{sd}$ , a verificação está OK.

Para a determinação do deslocamento elástico máximo ( $\delta_{max}$ ), ou seja, a flecha, a NBR 8800 (ABNT,2008) afirma que “o deslocamento máximo da fôrma de aço sob seu peso próprio e o peso do concreto fresco (excluindo-se a sobrecarga da construção) não deve exceder  $\frac{L_f}{180}$  ou 20 mm, o que for menor, onde o  $L_f$  é o vão teórico da fôrma na direção das nervuras”. A equação 24 é utilizada para a obtenção dessa flecha.

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E_c \cdot I_{cd}}$$

Onde:

$q$  = sobrecarga;

$L$  = comprimento do vão;

$E_c$  = módulo elasticidade do concreto;

$I_{cd}$  = inércia da seção.

Sendo assim, flecha pôde ser determinada através da tabela de deslocamentos elásticos em vigas, conforme Figura 7. Para uma laje bi-apoiada com carga uniformemente distribuída, usa-se o caso 6 da Figura 7.

Figura 7 – Deslocamentos elásticos em vigas

CASO	VINCULAÇÃO E CARREGAMENTO	FLECHA		EQUAÇÃO DA ELÁSTICA
		$w_{max}$	$x$	
1		$\frac{1}{8} \frac{p\ell^4}{EI}$	0	$\frac{p\ell^4}{24EI} (\alpha^4 - 4\alpha + 3)$
2		$\frac{1}{30} \frac{p\ell^4}{EI}$	0	$\frac{p\ell^4}{120EI} (\alpha^5 - 5\alpha + 4)$
3		$\frac{11}{120} \frac{p\ell^4}{EI}$	0	$\frac{p\ell^4}{120EI} (-\alpha^5 + 5\alpha^4 - 15\alpha + 11)$
4		$\frac{1}{3} \frac{P\ell^3}{EI}$	0	$\frac{P\ell^3}{6EI} (\alpha^3 - 3\alpha + 2)$
5		$\frac{1}{2} \frac{M\ell^2}{EI}$	0	$\frac{M\ell^2}{2EI} (1 - \alpha)^2$
6		$\frac{5}{384} \frac{p\ell^4}{EI}$	$0,5\ell$	$\frac{p\ell^4 \alpha}{24EI} (\alpha^3 - 2\alpha^2 + 1)$
7		$\frac{3}{460} \frac{p\ell^4}{EI}$ (*)	$0,519\ell$	$\frac{p\ell^4 \alpha}{360EI} (3\alpha^4 - 10\alpha^2 + 7)$
8		$\frac{1}{120} \frac{p\ell^4}{EI}$	$0,5\ell$	$\frac{p\ell^4 \alpha}{960EI} (16\alpha^4 - 40\alpha^2 + 25)$ (**)
9		$\frac{1}{48} \frac{P\ell^3}{EI}$	$0,5\ell$	$\frac{P\ell^3 \alpha}{48EI} (-4\alpha^2 + 3)$ (**)

Fonte: Souza e Melo (2017)

Para determinar o deslocamento elástico máximo considerou-se, conforme os dados da laje em estudo, tem-se:

$q = 2,0 \text{ kN/m}$  (Sobrecarga);

$L = 2950 \text{ mm}$ ;

$E_c = 24125 \text{ MPa}$ ;

$I_{cd} = 13,17 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ .

Substituindo-se os valores na equação 24, tem-se:

$$\delta_{max} = \frac{5 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 2950^4}{384 \cdot 21425 \cdot 10^6 \cdot 13,17 \cdot 10^6}$$
$$\delta_{max} = 0,0069 \text{ m}$$
$$\delta_{max} = 6,9 \text{ mm}$$

O deslocamento admissível para o dimensionamento é:

$$\delta_{adm} = \frac{L}{250} \cdot \quad (25)$$

Onde:

$\delta_{adm}$  = deslocamento admissível;

$L$  = comprimento do vão.

$$\delta_{adm} = \frac{2950}{250}$$
$$\delta_{adm} = 11,8 \text{ mm}$$

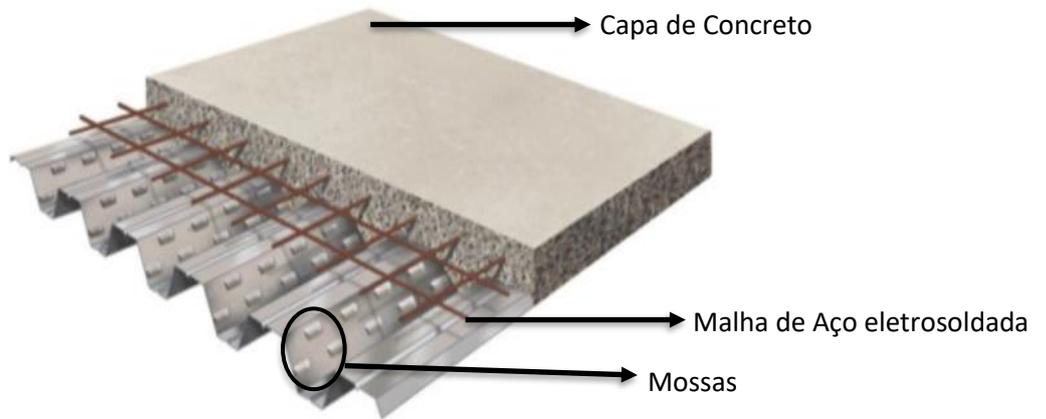
Dado isso,  $\delta_{adm} > \delta_{max}$ , portanto a verificação está OK.

Conforme recomendação da Metform® deve ser feita a aplicação de uma malha de aço eletrosoldada para combater a fissuração que pode ocorrer no concreto na parte superior da fôrma. A malha de aço necessitará ser colocada na parte superior da fôrma com o cobrimento mínimo de 20 mm conforme tabela 6.1 - Classe de agressividade ambiental da NBR 6118 (ABNT, 2014). De acordo com Eurocode (1994) a área de aço mínima deve ser de 0,2% da área de concreto acima da fôrma de aço sem escoramento. Assim, a verificação é dada pela Equação 26.

$$A_s \geq 0,2\% (h_c \cdot b) \quad (26)$$
$$A_s \geq 0,2\% (6,5 \cdot 100)$$
$$A_s \geq 1,30 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Após todos os cálculos e verificações, com a adição da malha de aço eletrosoldada conforme parágrafo acima, o modelo da laje mista Steel Deck é possível ver na figura 8.

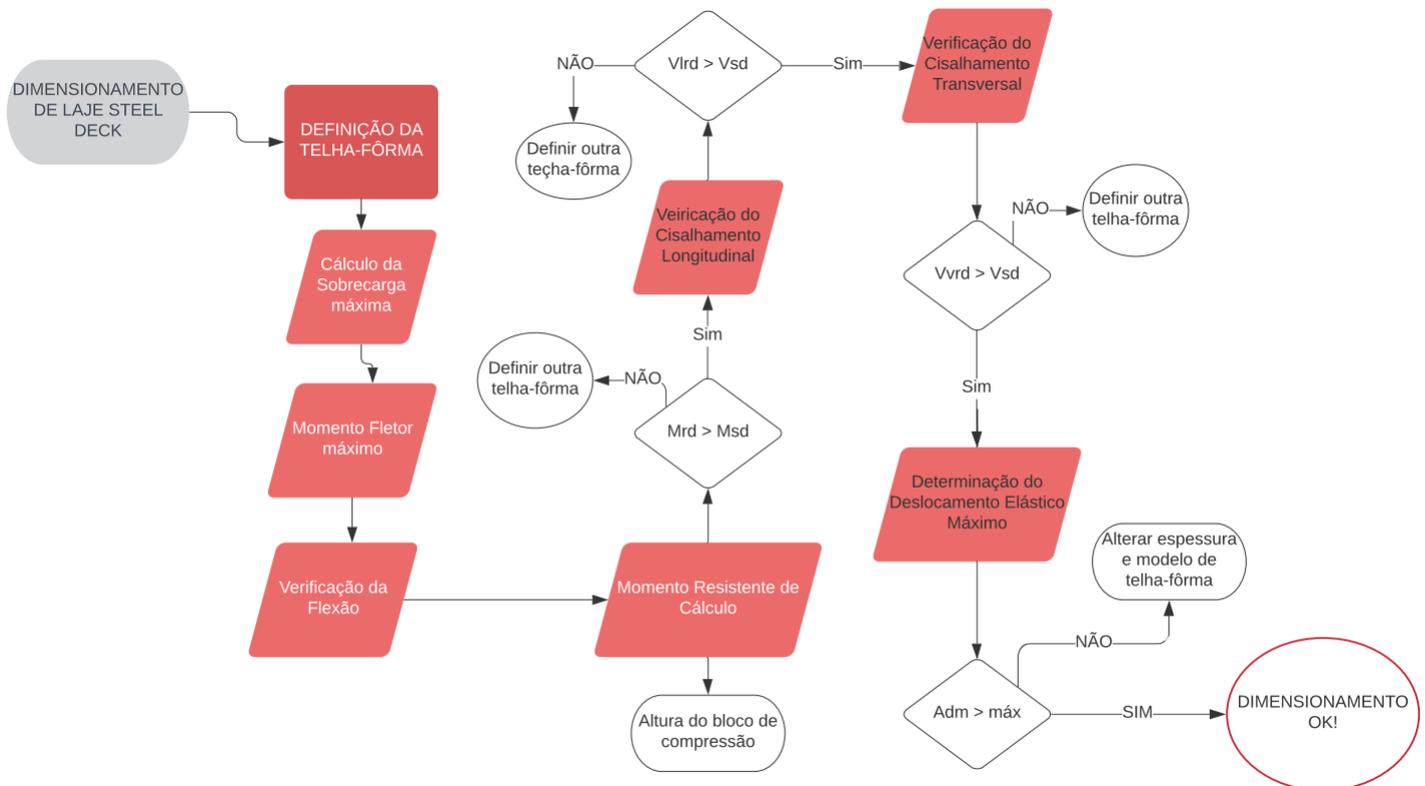
Figura 8 – Laje Steel Deck



Fonte: Catálogo Técnico Arcelormittal (2021)

A partir do dimensionamento efetuado da laje *Steel Deck*, é apresentado na figura 9 o fluxograma de dimensionamento da laje.

Figura 9 – Fluxograma de dimensionamento da Laje Steel Deck



Fonte: Autoria própria (2021)

## 4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos cálculos de dimensionamento da estrutura em estudo, os resultados obtidos foram compatíveis com as normas e recomendações utilizadas como base para o cálculo. Notou-se que o sistema de lajes *Steel Deck* resiste aos esforços e cargas solicitadas com ampla margem de segurança para a laje estudada.

Tendo um momento solicitante calculado  $M_{sd}$  de 6,00 kN.m, esse valor ficou abaixo do momento resistente  $M_{rd}$  que é 29,79 kN.m. Assim, o momento solicitante é 20% do momento resistente da laje. O cisalhamento transversal solicitante calculado  $V_{sd}$  foi 9,77 kN.m, sendo o valor resistente calculado  $V_{rd}$  31,87 kN.m. Assim, solicitou 30,6 % da capacidade de resistência ao cisalhamento transversal. O cisalhamento longitudinal solicitante calculado  $V_{sd}$  foi 9,77 kN.m, sendo o valor resistente calculado  $V_{rd}$  25,32 kN.m. Assim, solicitou 38,6 % da capacidade de resistência ao cisalhamento longitudinal. Analisando-se o deslocamento elástico máximo da laje  $\delta_{max}$  de 6,9 mm enquanto o valor admissível é  $\delta_{adm}$  é 11,8 mm, a estrutura teve margem de 4,9 mm de segurança.

A partir dos resultados obtidos através do dimensionamento, evidenciou-se que a telha-fôrma MF-75 é adequada para utilização na estrutura em estudo, sendo compatível com os esforços e apresentando segurança às solicitações estruturais analisadas.

Outra opção seria o uso da telha-fôrma modelo MF-50 da Metform®, que possui características semelhantes à da MF-75, sendo adotado em edificações urbanas tipo hotéis, hospitais, escritórios, garagens e entre outros, tendo altura de 50mm e largura útil de 915mm, sendo que para fins de dimensionamento e verificações de cálculos os coeficientes precisam ser alterados conforme o modelo da telha-fôrma utilizado.

A partir da bibliografia apresentada, notou-se que o sistema *Steel Deck*, apresenta várias vantagens, nas quais pode-se destacar-se algumas como: (1) dispensa o escoramento em vãos que podem variar de 2 a 4 metros mediante verificações e propriedades da edificação; (2) são mais leves em relação a outros tipos de lajes; (3) apresentam agilidade na execução e conseqüentemente obra executada mais rapidamente; (4) a própria telha-fôrma atua como plataforma de trabalho; (5) facilita a passagem das tubulações e permite maior segurança para os trabalhadores da obra. O sistema além de trazer uma solução construtiva inovadora, também evita o desperdício de matérias e insumos, sendo um método de execução mais ágil e rápido, além de gerar uma obra mais limpa.

Os resultados encontrados pelos autores Souza e Melo (2017) que estudaram esse mesmo sistema apresentam valores próximos aos dimensionados neste trabalho. A laje calculada pelos autores apresentou momento solicitante de 18% do momento resistente da laje, cisalhamento transversal e longitudinal solicitante de 31% a 34%, respectivamente, da capacidade total de resistência ao cisalhamento longitudinal/transversal. O deslocamento

elástico da laje foi de 3,61 mm, sendo abaixo do valor admissível de 10 mm. Assim, os resultados obtidos, também mostraram que a telha-fôrma MF-75 é adequada ao uso da edificação para as cargas solicitadas.

No estudo do Bonini (2013) os resultados das lajes apresentam concreto com  $f_{ck}$  de 35 Mpa, sendo a telha-fôrma que foi requerida no dimensionamento é a MF-75 com espessura de 1,25 mm para as lajes em estudo pelo autor. A espessura final da laje ficou 140 mm com armaduras adicionais eletrosoldada para combater as fissurações e armadura negativa Ø8 mm c/20 cm. Tais valores corroboram com os encontrados neste estudo.

Um complemento possível a esse trabalho seria a aplicação da planilha proposta por Mondardo e Vargas (2018), que apresentaram rotina de cálculo com dois formatos geométricos de telha-fôrma e equações conforme a NBR 8800:2008. Com a rotina, permitiram ao usuário preencher com os dados da telha-fôrma que deseja calcular e verificar entre dois formatos trapezoidais diferentes. Sendo assim, com esse trabalho é possível um complemento ao presente estudo, obtendo-se um comparativo entre dois tipos de seção geométricas, auxiliando na melhor definição da telha a ser utilizada.

## 5 CONCLUSÕES

A pesquisa teve como objetivo efetuar o dimensionamento de uma laje com a utilização de chapa metálica como armadura de tração no sistema *Steel Deck*. Por mais que o sistema de lajes mistas já esteja sendo empregado em diversos países como o Canadá, Inglaterra, Japão, Estados Unidos e entre outros, no Brasil é um método relativamente novo.

Os resultados encontrados neste trabalho mostram a rotina de dimensionamento para lajes mistas, podendo-se ainda utilizar outras espessuras ou modelos de telha-fôrma no projeto, desde que sejam feitos novamente todos os cálculos e verificações. Outra constatação é que como o sistema ainda é pouco empregado no Brasil, não existem softwares para dimensionamentos desse tipo de laje, sendo necessário cálculos manuais de dimensionamento e verificações. O trabalho agrega conhecimento ao apresentar uma solução a ser aplicada em projetos que desejem aplicar o sistema *Steel Deck*.

Para futuros trabalhos é recomendado efetuar criação de tabelas automatizadas para dimensionamento, sendo necessário acrescentar apenas dados da laje e selecionar qual o modelo da telha-fôrma que deseja efetuar o dimensionamento, desta maneira obtendo agilidade no processo de definição da melhor opção para a situação do projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800:2008:Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro.

2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16421:2015 - Telha-fôrma de aço colaborante para laje mista de aço e concreto- Requisitos e ensaios**. Rio de Janeiro, 2015.

BONINI, S. DO N. Lajes Mistas Steel Deck: estudo comparativo com lajes maciças de concreto armado quanto ao dimensionamento estrutural. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2013.

CORDEIRO, F. C. R. Análise de produtividade da mão-de-obra e composição de custos do serviço de execução da laje Steel Deck. **Universidade Federal De Santa Catarina**, 2016.

EUROCODE 4: DESIGN OF COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES: **Composite Slabs**. United Kingdom, 1994. Disponível em: <[http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/Hicks\\_2008.pdf](http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS2008/Hicks_2008.pdf)>. Acesso em: 20 de Setembro de 2021.

LIMA, M. P. DE S. TECNOLOGIA BUBBLEDECK: UMA ABORDAGEM DE SUA EXECUÇÃO E APLICABILIDADE QUANDO COMPARADA A LAJE STEEL DECK. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2017.

MONDARDO, E. S.; VARGAS, A. Proposta de uma rotina de cálculo para dimensionamento de lajes tipo steel deck. **Universidade do Extremo Sul Catarinense**, n. 1, p. 1–20, 2018.

PERFILOR. **Guia de Montagem Polydeck 59S - 2ª EDIÇÃO**, 2015.

PINHEIRO, L. M. Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios. **Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Engenharia de Estruturas**, 2010.

SOUZA, L. F. DE; MELO, M. H. DE. Estudo do Uso de Lajes Mistas Steel Deck. **UniEvangélica**, 2017.

OLIVEIRA, Maria Marly de. Como Fazer Pesquisa Qualitativa. 7. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2018.

ANEXO A – TABELA DE SOBREARGAS MÁXIMAS SOBREPOSTAS (kN/m<sup>2</sup>)

**Tabela de cargas e vãos máximos - MF 75**

Altura da Laje (mm)	Espessura Telha-forma (mm)	Vãos Máximos sem Escoramento			Peso Próprio (kN/m <sup>2</sup> )	M. Inércia Laje Mista (10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup> /m)	Carga Sobreposta Máxima (kN/m <sup>2</sup> ) Vãos (mm)																
		Simplex (mm)	Duplo (mm)	Tiplo (mm)			Balanco (mm)	2.000	2.100	2.200	2.300	2.400	2.500	2.600	2.700	2.800	2.900	3.000	3.150	3.300	3.500	3.750	4.000
130	0,80	2.350	3.200	3.300	1.150	2,27	10,66	11,87	10,56	9,42	8,43	7,56	6,79	6,11	5,51	4,96	4,47	4,03	3,45	2,94	2,37	1,77	1,29
	0,95	3.000	3.650	3.750	1.350	2,28	11,34	14,19	12,69	11,38	10,25	9,25	8,36	7,58	6,88	6,25	5,69	5,18	4,51	3,92	3,26	2,56	2,00
	1,25	3.650	4.300	4.400	1.650	2,32	12,74	18,83	16,94	15,31	13,88	12,62	11,50	10,51	9,63	8,84	8,13	7,48	6,63	5,88	5,03	4,15	3,42
	0,80	2.200	3.100	3.200	1.150	2,50	13,17	13,16	11,71	10,45	9,35	8,39	7,54	6,78	6,11	5,51	4,97	4,48	3,83	3,27	2,63	1,98	1,44
	0,95	2.850	3.500	3.600	1.350	2,52	13,99	15,74	14,07	12,63	11,37	10,26	9,28	8,41	7,64	6,94	6,32	5,76	5,01	4,36	3,62	2,85	2,23
	1,25	3.500	4.150	4.250	1.600	2,55	15,68	20,00	18,79	16,98	15,39	14,00	12,76	11,67	10,69	9,81	9,02	8,31	7,36	6,53	5,59	4,61	3,81
150	0,80	2.000	3.000	3.100	1.100	2,74	16,06	14,46	12,86	11,48	10,28	9,22	8,28	7,45	6,72	6,06	5,46	4,83	4,22	3,60	2,90	2,18	1,59
	0,95	2.650	3.400	3.500	1.300	2,75	17,04	17,28	15,45	13,87	12,49	11,27	10,20	9,24	8,39	7,63	6,95	6,33	5,51	4,80	3,98	3,14	2,45
	1,25	3.400	4.000	4.100	1.550	2,79	19,05	20,00	20,00	18,65	16,91	15,38	14,02	12,62	11,75	10,78	9,91	9,13	8,09	7,16	6,15	5,07	4,19
	0,80	1.850	2.900	3.000	1.100	2,97	19,35	15,75	14,02	12,51	11,20	10,04	9,03	8,12	7,32	6,60	5,95	5,37	4,60	3,93	3,17	2,38	1,73
	0,95	2.500	3.300	3.400	1.250	2,99	20,51	18,83	16,84	15,11	13,61	12,28	11,11	10,07	9,15	8,32	7,57	6,90	6,01	5,23	4,35	3,43	2,68
	1,25	3.250	3.900	4.000	1.500	3,02	22,90	20,00	20,00	18,42	16,76	15,28	13,97	12,80	11,75	10,81	9,95	8,82	7,83	6,71	5,54	4,38	3,58
170	0,80	1.700	2.800	2.900	1.050	3,21	23,07	17,04	15,17	13,54	12,12	10,87	9,77	8,80	7,93	7,15	6,45	5,62	4,98	4,26	3,43	2,58	1,88
	0,95	2.350	3.200	3.300	1.250	3,23	24,44	20,00	18,22	16,36	14,72	13,29	12,03	10,91	9,90	9,01	8,20	7,47	6,51	5,67	4,71	3,72	2,91
	1,25	3.150	3.800	3.900	1.450	3,26	27,24	20,00	20,00	19,94	18,14	16,54	15,12	13,86	12,72	11,70	10,78	9,55	8,49	7,27	6,00	4,96	4,06
	0,80	1.550	2.750	2.850	1.050	3,44	27,25	18,34	16,32	14,57	13,04	11,70	10,52	9,47	8,53	7,69	6,94	6,26	5,37	4,59	3,70	2,78	2,03
	0,95	2.200	3.100	3.200	1.200	3,46	28,84	20,00	19,61	17,60	15,84	14,30	12,94	11,74	10,66	9,69	8,83	8,04	7,00	6,10	5,07	4,01	3,14
	1,25	3.050	3.700	3.800	1.450	3,50	32,10	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,51	17,80	16,28	14,92	13,70	12,60	11,60	10,28	9,14	7,83	6,47
190	0,80	1.450	2.650	2.750	1.000	3,68	31,92	19,63	17,47	15,60	13,96	12,53	11,26	10,14	9,14	8,24	7,44	6,71	5,75	4,91	3,96	2,98	2,18
	0,95	2.100	3.050	3.150	1.200	3,70	33,75	20,00	20,00	18,84	16,96	15,32	13,86	12,57	11,41	10,38	9,45	8,62	7,50	6,54	5,44	4,30	3,36
	1,25	3.000	3.600	3.700	1.400	3,73	37,52	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	19,06	17,43	15,97	14,67	13,49	12,43	11,02	9,79	8,39	6,93	5,73
	0,80	1.400	2.600	2.650	1.000	3,91	37,10	20,00	18,62	16,63	14,88	13,35	12,00	10,81	9,74	8,79	7,93	7,16	6,13	5,24	4,23	3,19	2,33
	0,95	1.950	2.950	3.050	1.150	3,93	39,19	20,00	20,00	20,00	18,08	16,33	14,78	13,40	12,17	11,07	10,08	9,19	8,00	6,97	5,80	4,59	3,59
	1,25	2.900	3.500	3.650	1.400	3,97	43,51	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	18,58	17,03	15,64	14,38	13,25	11,75	10,44	8,94	7,39	6,12