

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**AS LAJES *STEEL-DECK* NO CENÁRIO CONSTRUTIVO: OBSTÁCULOS E
POTENCIALIDADES**

**TEÓFILO OTONI
2018**

**JÉSSICA FERREIRA
KARINE GOMES FERNANDES**

**AS LAJES *STEEL-DECK* NO CENÁRIO CONSTRUTIVO ATUAL:
OBSTÁCULOS E POTENCIALIDADES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador Prof. Juliano Amaral
Fernandes

TEÓFILO OTONI

2018



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado

AS LAJES *STEEL-DECK* NO CENÁRIO CONSTRUTIVO ATUAL: OBSTÁCULOS E POTENCIALIDADES elaborado pelas alunas Jéssica Ferreira da Costa e Karine Gomes Fernandes foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Civil Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL

Teófilo Otoni, 28 de novembro de 2018

Prof. Orientador

Examinador

Examinador

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, pela força e sabedoria que me proporcionou ao longo dessa caminhada. Aos meus pais, pela participação, apoio, esforço e companheirismo, contribuindo para o meu crescimento como pessoa e a minha formação profissional. Pelas oportunidades e vitórias alcançadas e pelas conquistas que ainda virão!

*Jessica Ferreira da
Costa*

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me deram exemplos de vida e conduta. Minha vida inteira se baseia em vocês.

Karine Gomes Fernandes

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por darmos saúde e força para superar todos os obstáculos, porque sem ele não teríamos chegado até aqui.

Aos nossos pais, pelo apoio incondicional, nossos grandes guerreiros, exemplo de força e humildade.

A todos os professores do curso, em especial ao orientador Juliano Amaral Fernandes, pelas suas correções e incentivos que nunca economizou paciência para com este trabalho.

E todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado.

*Dá ouvidos às minhas palavras, ó Senhor;
atende à minha meditação*

Salmos 5:1

RESUMO

As lajes *Steel Deck* podem ser consideradas como uma alternativa importante no cenário construtivo, mas apesar disso ainda são pouco difundidas no mercado nacional. O sistema consiste na utilização de concreto, de telhas galvanizadas e de estruturas metálicas, entre outros materiais, conferindo praticidade e economia. O presente trabalho consiste em uma revisão bibliográfica com base em livros e artigos científicos, com os objetivos de estudar os conceitos e a dinâmica da utilização do sistema *Steel Deck*, além de conceituar os diversos tipos de lajes convencionais, analisar a dinâmica da utilização as lajes *Steel Deck*, bem como analisar as características dos diferentes tipos de laje, destacando os prós e os contras da utilização do sistema. O trabalho tem sua justificativa baseada na importância de se buscar o conhecimento acerca dos sistemas construtivos que possam ser alternativas aos sistemas predominantes, observando fatores como produtividade, economicidade e sustentabilidade na construção.

Palavras-chave: *Steel Deck*. Lajes. Engenharia Civil.

ABSTRACT

Steel Deck slabs can be considered as an important alternative in the construction context, but despite this they are still little spread in the national market. The system consists of the use of concrete, galvanized tiles and metal structures, among other materials, giving practicality and economy. The present work consists of a bibliographical review based on books and scientific articles, with the objectives of studying the concepts and dynamics of the use of the Steel Deck system, besides conceptualizing the different types of conventional slabs, analyzing the dynamics of the slab utilization Steel Deck, as well as analyze the characteristics of the different types of slab, highlighting the pros and cons of using the system. The work has its justification based on the importance of seeking knowledge about construction systems that may be alternatives to the predominant systems, observing factors such as productivity, economics and sustainability in construction.

Keywords: *Steel Deck*. Slabs. Civil Engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Engastamento elástico na continuidade das lajes.....	20
Figura 2 – Laje protendida.....	22
Figura 3 – Elementos da laje pré-fabricada.....	23
Figura 4 – Interface entre a viga e a laje pré-moldada	24
Figura 5 - Modelo proposto por Takey.....	26
Figura 6 – Ilustração da estrutura <i>Steel Deck</i>	28
Figura 7 - Conectores de cisalhamento	29
Figura 8 – Contraventamento metálico no sistema <i>Steel Deck</i>	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das lajes pré-fabricadas	22
Quadro 2 – Critérios dos estados limites	25
Quadro 3 – Resumo das vantagens do Sistema Steel Deck	35
Quadro 4 – Resumo das desvantagens ou precauções do Sistema Steel Deck	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Lajes Maciças.....	19
2.2 Lajes Nervuradas	21
2.2.1 As lajes protendidas	22
2.2.2 As lajes pré-fabricadas comuns e treliçadas	23
2.2.3 As lajes mistas	24
2.3 SISTEMA <i>STEEL DECK</i>	27
2.3.1 Características Gerais.....	27
2.3.2 Precauções a serem adotadas no uso do sistema <i>Steel Deck</i>.....	30
3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA	33
3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins.....	33
3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios.....	33
3.3 Tratamentos dos dados.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

Os diversos temas inerentes à Engenharia Civil têm como elemento comum a importância da observação contínua a respeito das inovações surgidas, bem como das perspectivas passíveis de incorporação ao cenário da mesma, em suas diferentes áreas. No cenário construtivo atual ocorre um dinamismo quanto aos métodos, técnicas e materiais utilizados, convergindo para a constante evolução nos sistemas e voltando-se aos diversos aspectos passíveis de aprimoramento; como a economia, a segurança, a sustentabilidade e a produtividade na consecução das obras. Verifica-se que a pesquisa científica nesse aspecto atua em consonância com as demandas surgidas e com o desenvolvimento tecnológico, que incorpora todos os elementos que fazem parte do cotidiano da construção.

Especificamente com relação às lajes, mesmo que ainda sejam predominantes no país as lajes convencionais, maciças ou pré-fabricadas, observa-se que gradativamente outras opções conquistam espaço, exatamente fundamentando sua aplicação nos parâmetros relacionados ao uso de tecnologias inovadoras e à produtividade na obra. Nesse contexto, situa-se o sistema *Steel Deck*, que consiste na utilização de concreto, de telhas galvanizadas e de estruturas metálicas, entre outros materiais, sendo ainda, conforme Heinz e Benetti (2016), um processo pouco difundido no país.

No presente trabalho pesquisar-se-á a respeito dos obstáculos e potencialidades das lajes *Steel Deck*, compreendendo sua aplicabilidade no cenário construtivo brasileiro atual. Desse modo, a problemática a ser respondida pela pesquisa se resume na seguinte pergunta: Quais são as vantagens e desvantagens da utilização do sistema *Steel Deck*?

O objetivo geral da pesquisa é estudar os conceitos e a dinâmica da utilização do sistema *Steel Deck*, compreendendo-o como alternativa passível de análise acerca da viabilidade de sua utilização no cenário construtivo brasileiro. Os objetivos específicos são conceituar os diversos tipos de lajes convencionais; analisar a dinâmica da utilização as lajes *Steel Deck* e analisar as diferenças dos diferentes tipos de laje, destacando os prós e os contras da utilização do sistema *Steel Deck*.

A pesquisa se justifica pela necessidade de buscar o conhecimento a respeito de sistemas construtivos que se apresentem como alternativas aos já

predominantes, considerando a importância da incorporação de diferenciais como produtividade, economicidade e sustentabilidade à construção. Desse modo, faz-se importante a prospecção de métodos que possam representar aprimoramentos no âmbito da construção, sendo que no caso das lajes, estes devem ser analisados principalmente sob as óticas citadas sem, contudo, abdicar-se da segurança e da aplicabilidade no contexto nacional.

A metodologia adotada para a pesquisa é o método hipotético-dedutivo, de caráter qualitativo, atendo-se às variáveis a respeito do tema e utilizando-se de revisão bibliográfica composta por livros e artigos científicos, que consiste na revisão de material já publicado sobre determinado assunto (LAKATOS; MARCONI, 2017). O critério para seleção do material é a pertinência à proposta no presente trabalho, aferida por meio da leitura dos títulos dos livros e dos resumos dos artigos científicos, sem delimitação quanto ao período de publicação dos mesmos. Os descritores utilizados na pesquisa em meio eletrônico são: Lajes, Sistemas construtivos e *Steel Deck*. As bases de dados predominantemente utilizadas são o Google Acadêmico e Scielo.

O trabalho divide-se em três capítulos. No primeiro foi feita a conceituação dos diversos tipos de lajes convencionais, compreendendo a dinâmica de sua instalação e os materiais utilizados. O segundo capítulo trará o estudo específico acerca do sistema *Steel Deck*, voltando-se à compreensão a respeito de suas características, bem como dos processos e etapas de execução do mesmo. O terceiro capítulo pesquisará a utilização das lajes convencionais e do Sistema *Steel Deck*, destacando os obstáculos e potencialidades da utilização do mesmo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

As lajes podem ser definidas como estruturas horizontais e planas, apoiadas em pilares ou vigas, que têm como função essencial a cobertura de uma edificação, formando em alguns casos também o forro ou o piso da mesma. As lajes podem ser concretadas no próprio local ou pré-moldadas, podendo ser nervuradas ou maciças.

2.1 Lajes Maciças

As lajes maciças são aquelas onde toda a superfície é formada por concreto e armaduras longitudinais de flexão, podendo também possuir armaduras transversais. As mesmas são apoiadas em paredes ou vigas em suas bordas e podem ser de concreto armado ou protendido. Quanto à sua tipologia, as lajes maciças podem ser classificadas com relação às suas formas geométricas, à direção ou quanto aos tipos de vínculos nos apoios, entre outras maneiras (BASTOS, 2015).

Uma das classificações inerentes às lajes maciças diz respeito à direção da armadura principal, sendo que a mesma pode ser armada em uma ou em duas direções. Nas lajes armadas em uma direção, os esforços de maior intensidade ocorrem conforme a direção do vão menor, que é a direção denominada principal. Nesse caso, os esforços solicitantes são bastante reduzidos, sendo normalmente desconsiderados nos cálculos (BASTOS, 2015). Quanto às lajes armadas em duas direções, os esforços solicitantes são essenciais de acordo com as mesmas e conforme a direção principal da laje (EL DEBS, 2000).

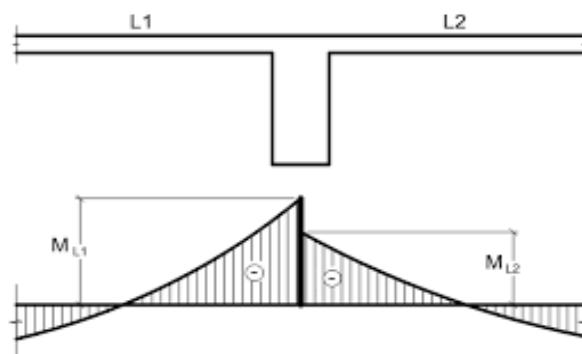
Outro conceito de necessária compreensão no tocante às lajes maciças é o de vinculação nas bordas. Existem duas formas de apoio, que são as vigas ou pilares de concreto ou as paredes de alvenaria ou de concreto. As vigas nas bordas são os tipos mais comuns adotados nas construções, sendo que os modos mais comuns de vínculo das lajes são o engaste elástico, o engaste perfeito e o apoio simples. Entretanto, as tabelas comumente utilizadas para o cálculo de lajes admitem apoios simples, apoios pontuais e engaste perfeito. Deve-se compreender, no entanto, que a concepção de engaste perfeito ou de apoio simples geralmente não se efetiva na prática (BASTOS, 2015).

O apoio simples consiste no apoio ocorrido nas bordas onde não se admite a continuidade da estrutura da laje com outras lajes vizinhas ou onde ela não existe,

podendo ser numa viga de concreto ou numa parede de alvenaria. A concepção teórica do apoio simples surge a partir da constatação de que a rigidez à torção apresentada pela viga é pequena, fazendo com a mesma gire e se deforme acompanhando às rotações mínimas da laje. Já o engaste perfeito ocorre nos casos das lajes em balanço, como varandas e marquises, sendo considerado também nas bordas onde existe a continuidade entre lajes vizinhas (CUNHA; SOUZA, 1998).

O engaste elástico consiste pode ser compreendido nos casos de apoios intermediários de lajes contínuas, sendo que a ponderação realizada entre os diversos valores dos momentos fletores leva ao engastamento elástico, como pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1 - Engastamento elástico na continuidade das lajes



Fonte: Bastos (2015)

Considera-se que as lajes adjacentes são diferentes nas condições de apoio, sendo que no apoio em comum, ocorrem dois valores diferentes para o momento negativo, sendo necessária a compatibilização de tal momento. Nesse caso, o critério mais comum é a adoção do maior valor entre a média dos dois momentos e 80% do valor maior, sendo que tal critério costumeiramente é efetivo nas situações onde os valores são da mesma ordem de grandeza (BASTOS, 2015). Acerca do tempo, considera-se que as lajes maciças:

Os trabalhos sobre a laje concretada podem ser iniciados no dia seguinte, pois o concreto adquire consistência em doze horas, porém tomando-se o cuidado de não aplicar impactos ou cargas violentas. Salvo quando se aplicarem apressadores de pega ou cura a vapor, a Norma NB 4 recomenda 28 dias para se fazer o decimbramento. Quando se tratar de prédios de diversos pavimentos, deve-se cuidar para não fazer qualquer retirada de formas em pavimentos inferiores logo após a concretagem de uma laje, quando o concreto ainda não atingiu o fim da pega. Deve-se aguardar pelo

menos sete dias, pois o decimbramento implica em vibração que prejudica o concreto ainda recente. (SILVA et al., 2003, p. 183-183).

Quanto às ações, reações de apoio e momentos fletores, as lajes maciças atuam seu peso próprio, cargas de uso, peso de paredes internas e pesos de revestimentos. A avaliação de peso próprio define o peso específico de 25 kN/m³, considerando o concreto armado. As ações atuantes nas lajes maciças são transferidas às vigas de apoio e quanto à solicitação, as mesmas são solicitadas por forças cortantes e momentos fletores (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2010).

Quanto à aplicabilidade, as lajes maciças têm como característica principal o fato de serem predominantemente utilizadas em obras de maior porte, sendo necessários cálculos apropriados para sua consecução. As lajes são também denominadas como elementos de superfície bidimensionais e são dimensionadas para estruturas de cinco a oito metros (BASTOS, 2015).

Acerca dos custos, as lajes maciças apresentam vantagens ou não, de acordo com a dimensão dos vãos, sendo que para vãos menores elas apresentam menor custos que as demais, passando a ter, por exemplo, maior custo que as lajes nervuradas para vãos maiores que 6,5 metros, podendo ter uma elevação de valores acima de 70%. O custo das fôrmas é o mais relevante, seguido pelo custo inerente ao concreto (PINI, 2014).

2.2 Lajes Nervuradas

Acerca das lajes nervuradas, estas são representadas pelas lajes pré-fabricadas, denominadas lajes mistas. São formadas por vigas ou vigotas de concreto e blocos, que podem ser de concreto ou de cerâmica. Estas se dividem em três grupos, que são as lajes treliçadas, as lajes comuns e as lajes protendidas, sendo que esta classificação depende do tipo de vigota utilizada. No quadro 1 podem ser observadas as características de cada uma destas lajes:

Quadro 1 – Classificação das lajes pré-fabricadas

TIPO DE LAJE	CARACTERÍSTICA
Protendida	É executada com uma armadura especial, sendo utilizada predominantemente em obras onde se faz necessária a resistência a grandes cargas ou em locais com grandes vãos.
Comum	Blocos predominantemente cerâmicos, vigotas em formato de T invertido com armadura interna de aço.
Treliçada	Indicadas para obras de pequeno porte, são formadas por concreto armado ou aço, com lajotas de concreto, isopor (EPS) ou cerâmica, em vãos de, no máximo, 12 metros.

Fonte: Bastos (2015)

2.2.1 As lajes protendidas

As lajes protendidas, definidas também como lajes de armaduras ativas, têm esse nome porque o aço nelas utilizado passa pela protensão, que é um processo onde as cordoalhas e cabos são esticados por meio de macacos hidráulicos, produzindo grandes esforços de tração e uma compressão mais elevada de concreto. As mesmas possuem como principal vantagem o fato de preencherem vãos maiores que o concreto armado com menor espessura, já que a mesma tem menor peso e maior durabilidade (THOMAZ; ABREU, 2017). A Figura 2 mostra uma imagem de laje protendida.

Figura 2 – Laje protendida

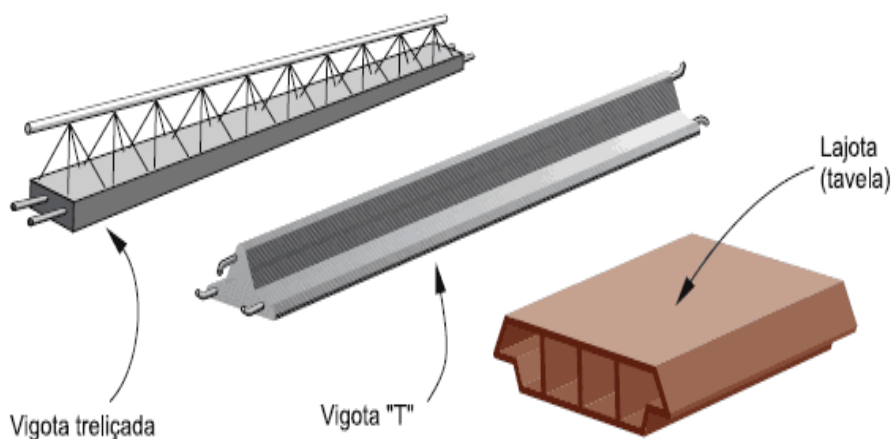
Fonte: Thomaz; Abreu (2017)

As lajes protendidas são muito usadas em locais onde predominam os vãos de maior extensão, como galpões de centros de distribuição, shopping-centers e outros. A maior durabilidade desse sistema ocorre devido à compressão permanente do concreto, que praticamente não apresenta fissuras. As normas utilizadas para aplicação desta técnica construtiva são a NBR 6118, que traz os procedimentos voltados às estruturas de concreto, a NBR 14931 que trata da execução de tais estruturas, a NBR 14861 que diz respeito às lajes alveolares pré-moldadas de concreto protendido e a NBR 14859, que determina os requisitos para as lajes pré-fabricadas em geral (THOMAZ; ABREU, 2017).

2.2.2 As lajes pré-fabricadas comuns e treliçadas

As lajes pré-fabricadas comuns são utilizadas em vãos de até 5 metros entre os apoios, sendo compostas por vigas e blocos de enchimento. As lajotas e as vigotas são intercaladas para a formação da laje, sendo que o conjunto é unido por meio de uma capa de concreto que posta sobre os elementos. Os elementos da laje pré-fabricada podem ser observados na Figura 3:

Figura 3 – Elementos da laje pré-fabricada



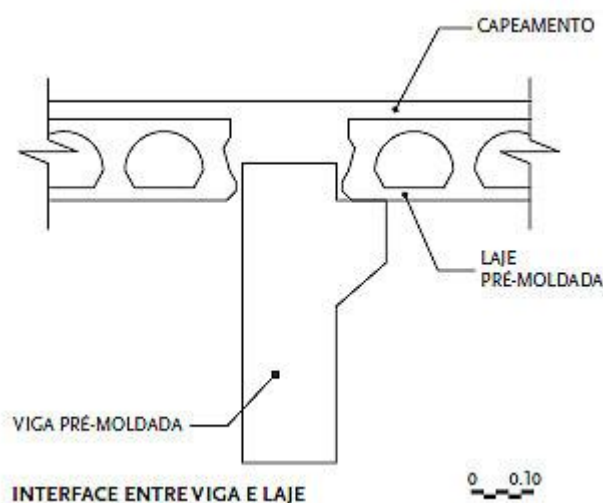
Fonte: Incobraz (2018)

Na figura é possível observar a vigota treliçada, utilizada em vãos de até 12 metros entre os apoios. As lajes nervuradas são um sistema cuja zona de tração é formada por nervuras e a zona de compressão é composta por uma mesa. Afirma-se que para utilização em vãos acima de 7 metros, as lajes nervuradas são a melhor

opção, pois são mais econômicas, já que as nervuras atuam como vigas. Entretanto, as mesmas apresentam como desvantagem o fato de dificultarem a compatibilização com outras etapas de projeto, como as instalações elétricas e hidráulicas (SOUZA, 2018).

As lajes pré-moldadas possuem como importante característica, que representa uma desvantagem, o custo mais elevado, se comparadas aos sistemas moldados *in loco*. No entanto, uma grande vantagem é a redução de aproximadamente 35% no tempo de construção, se comparadas aos moldados *in loco*. Outro aspecto importante das lajes pré-fabricadas é a facilidade de adaptação aos diferentes portes de construção, bem como a adequada interface entre a laje e a viga (SAYEGH, 2011). A Figura 4 ilustra a interface entre a viga e a laje pré-moldada.

Figura 4 – Interface entre a viga e a laje pré-moldada



Fonte: Sayegh (2011)

De modo geral, não apenas as lajes, mas todas as estruturas pré-fabricadas requerem um elevado nível de detalhamento, sendo que a racionalização, a repetição de elementos construtivos e a modulação devem ser incorporados desde o projeto (SAYEGH, 2011).

2.2.3 As lajes mistas

As lajes mistas são definidas como lajes de fôrma de aço incorporada, onde no final o concreto age estruturalmente, conjuntamente com a citada fôrma, atuando como parte ou de forma integral como armadura de aço da laje. Antes do concreto atingir 75% de resistência, ocorre a sustentação isolada das ações permanentes. Outro ponto a ser destacado se refere à transmissão, na interface entre o concreto e o aço, do cisalhamento longitudinal, que ocorre devido à falta de aderência química entre os dois materiais, o que não determina um comportamento determinado como misto (ABNT, 2008).

Quanto ao dimensionamento das lajes mistas, considera-se que na fase de construção a fôrma de aço deve ser considerada nos regimes dos estados últimos e estados limites de utilização, conforme a NBR 14762:2001 (SILVA; SILVA, 2001). Os critérios dos estados são:

Quadro 2 – Critérios dos estados limites

ESTADOS LIMITES ÚLTIMOS	ESTADOS LIMITES DE SERVIÇO
Colapso motivado pelo momento fletor positivo	Comprometimento do desempenho e da estética da edificação motivada por excessivos deslocamentos
Colapso motivado pelo momento fletor negativo	Flexão: resistência ao momento fletor, sendo que o limite é passível de ocorrência quando o cisalhamento for suficiente e ocorrer a completa interação entre a fôrma e o concreto
Colapso motivado pela interação do momento fletor com a força cortante	Cisalhamento longitudinal: a força máxima é indicada pela resistência ao cisalhamento longitudinal, sendo dependente da interação entre o concreto e o aço
Colapso motivado pelo esmagamento local da região do apoio	Cisalhamento vertical: tal estado limite pode se caracterizar como crítico no caso da laje ser espessa, tendo vão curto e forças elevadas
Colapso motivado pela interação do efeito de cargas concentradas com o momento fletor	Punção: no caso de o perímetro da área carregada e a espessura se apresentarem pequenos e a força concentrada se apresentar muito elevada, o que caracteriza o estado crítico.

Fonte: Queiroz et al. (2012)

Por ser realizado de forma diferente dos outros tipos de laje, faz-se importante a explicação de que o cálculo das lajes mistas tem como particularidade o fato de envolver duas fases para análise do sistema. A primeira é a fase de construção, que é o momento em que a fôrma de aço deve ser resistente aos esforços oriundos do peso do concreto, dos operários em serviço e dos equipamentos. A segunda fase diz respeito à verificação dos estados limites últimos e de serviço, sendo denominada

como fase mista ou final. A mesma ocorre quando, geralmente, o concreto atinge $0,75f_{ck}$ (QUEIROZ et al., 2001).

Takey (2001) propôs um modelo (Figura 5) que não se utiliza da forma metálica na superfície inferior da laje, sendo que a proposta se assemelha às lajes pré-fabricadas. A mesma mistura o EPS, em substituição às lajotas de cerâmica, e o perfil metálico em vez de vigotas.

Figura 5 - Modelo proposto por Takey



Fonte: Takey (2001)

Beltrão (2003) elaborou um sistema de laje mista onde os perfis metálicos de chapas dobradas possuem coroações na alma, sendo intercaladas com chapas preenchidas com concreto estrutural e corrugadas.

Já Vieira (2003), propôs um sistema utilizando um perfil C preenchido com concreto estrutural e enrijecido. Nesse sistema foram adotados septos, que são placas de contenção entre as almas dos perfis, sendo que a ruptura ocorre no concreto, com o local de ocorrência dependendo de forma direta da localização dos septos. No experimento onde os septos foram postos nas extremidades, a ruptura ocorreu no centro do vão, e quando postos também em cada terço do vão, a ruptura ocorreu em um dos terços.

Vianna (2005) criou uma nova geometria para o perfil, buscando encontrar uma aderência maior entre o aço e o concreto. O mesmo utilizou perfis de chapa dobrada e dois enrijecedores intermediários, situados na mesa superior, com EPS entre os perfis cobertos com capa de concreto e corrugações na alma.

2.3 SISTEMA *STEEL DECK*

2.3.1 Características Gerais

Já o sistema *Steel Deck*, que consiste no uso de uma fôrma permanente de aço galvanizado, formada a frio e perfilada, foi desenvolvido na década de 1930 nos Estados Unidos (Gomes, 2001 apud LEMOS, 2013), e possui características diferenciadas dos modelos exemplificados no tópico anterior.

Conforme o CBCA (2014), o sistema *Steel Deck* se utiliza de telhas galvanizadas, apoiadas em estruturas metálicas, com a função de servir de forma para a concretagem, onde é usada também a malha de ferragem eletrosoldada juntamente aos conectores de cisalhamento. O sistema *Steel Deck* surgiu na década de 1950, nos Estados Unidos, passando a ser largamente empregado nas edificações metálicas de múltiplos andares.

Segundo Cichinelli (2014), o *Steel Deck* começou a ser utilizado a partir da década de 1970, passando, conforme Lima e Souza (2010), a ser destacado por ser considerada uma tecnologia construtiva, devido à sua praticidade e economia no mercado e nas obras, haja vista não ser necessária a realização de altos investimentos em sistema de escoramento, o que se torna fundamental na laje convencional.

Por meio do sistema *Steel Deck* é possível eliminar, parcial ou totalmente, o uso de escoramento da laje convencional, bem como garantir maior praticidade em sua execução. O suporte para concreto consiste no uso de telhas galvanizadas, facilitando a mobilidade durante o processo de preparação para concretagem, além de proteger os trabalhadores que estão na parte inferior da obra e, por consequência disso, trazendo maior segurança (HEINZ e BENETTI, 2016).

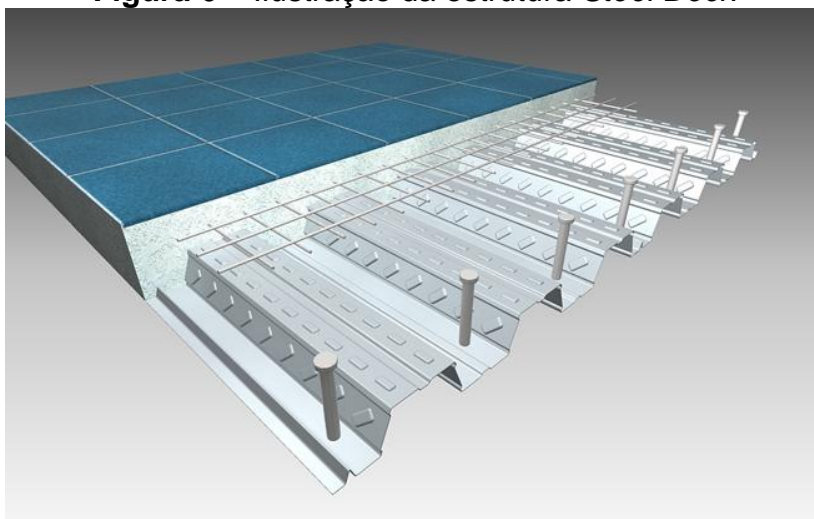
Os materiais utilizados nessa técnica são o concreto e a telha de aço galvanizado, o que proporciona praticidade e economia. A economia, inclusive, se caracteriza também no que diz respeito à mão de obra, já que duas pessoas são capazes de montar entre 500 m² e 750 m² de laje por dia (LIBRELOTTO; FERROLI, 2018).

Nesse sistema as fôrmas são apoiadas e ligadas provisoriamente, de modo simples sobre as vigas, buscando garantir a estabilidade das mesmas durante a

concretagem (HEINZ e BENETTI, 2016). Os autores afirmam que são diversas as vantagens do sistema *Steel Deck* e que o tornam atrativo no cenário da construção, destacando-se a possibilidade de evitar a geração de entulho, de evitar o desperdício de material e de trazer mais leveza e velocidade quanto à sua execução, sendo que seu baixo custo também é um atrativo.

O sistema *Steel Deck* é um tipo de cobertura composta por uma camada de concreto e uma telha de aço galvanizado. Conforme a figura 6, a telha, em formato trapezoidal, é a fôrma para o concreto e armadura positiva voltada às cargas de serviço.

Figura 6 – Ilustração da estrutura *Steel Deck*



Fonte: *Light Steel Frame* (2018)

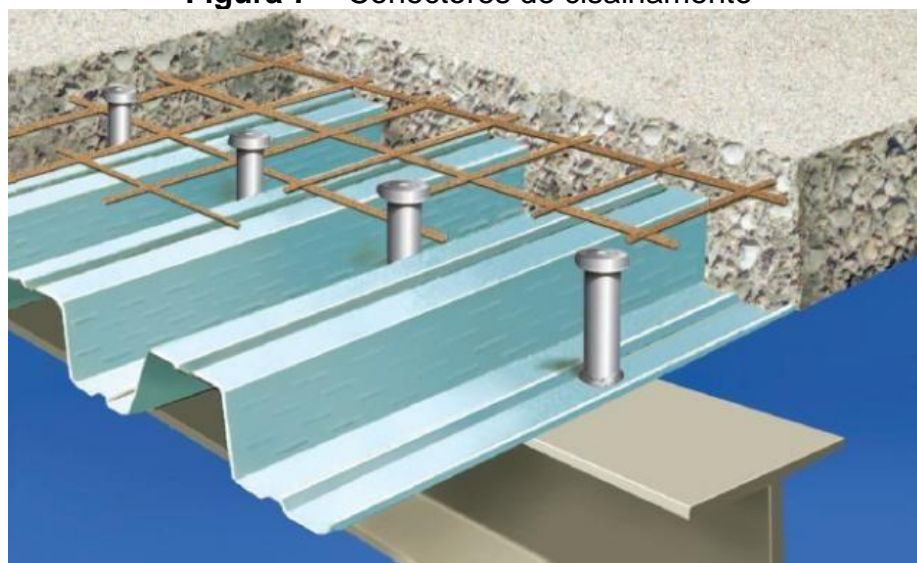
O aço utilizado na Telha Forma Colaborante *Steel Deck Polydeck*[®] pode ter 0,80 mm, 0,95 mm ou 1,20 mm, considerando que o vão da mesma pode ser de até 12 m (ARCELOR MITTAL, 2018). Verifica-se que uma das principais vantagens da utilização do sistema *Steel Deck* é a eliminação parcial ou total do uso de escoramentos, mas deve ser considerada sua importância em situações de incêndio e a praticidade quanto à instalação de forros. A passagem de dutos nas instalações também é facilitada nesse sistema (ARCELOR MITTAL, 2018).

A geometria do *Steel Deck* favorece o processo de travamento mecânico, que é essencial para que se desenvolva a ação composta entre o concreto da laje e o perfil de aço (CALIXTO; BRENDOLAN; PIMENTA, 2009). Para os autores, o aumento das cargas faz com que ocorra a fissuração da laje, simultaneamente às

acomodações de carga, que fazem com que ocorra a quebra da aderência química da ligação entre o concreto e o aço, fazendo com que a ruptura ocorra por cisalhamento longitudinal.

O sistema *Steel-Deck* possui nervuras largas e se utiliza de conectores de cisalhamento, o *stud bolt*, cobrindo uma largura útil entre 820 e 840 mm. Os conectores de cisalhamento são os elementos que buscam proporcionar o comportamento misto entre o aço e o concreto. Suas principais funções são a transmissão dos esforços cisalhantes de caráter longitudinal ocorridos entre a mesa de concreto e o perfil de aço e evitar que ocorra o deslocamento vertical na união (interface) entre os dois materiais. Os conectores podem ser rígidos ou flexíveis, sendo que nos primeiros a ruptura ocorre de modo frágil, não apresentando patamar de escoamento e nos outros ocorre a ruptura dúctil (FABRIZZI, 2007). A Figura 7 mostra os conectores de cisalhamento aplicados ao sistema *Steel Deck*.

Figura 7 - Conectores de cisalhamento



Fonte: Hard (2010)

Segundo Vianna *et al.* (2007), as formas de ligação entre a chapa de aço e o concreto armado podem ser os parafusos autobrocantes, as corrugações na alma, os septos em perfis tipo bandeja e os perfis com corrugações circulares profundas.

As corrugações são também denominadas mossas, e são responsáveis pela composição da laje com forma de aço incorporado. As mesmas são imprescindíveis, já que não existindo a aderência entre os materiais, os mesmos passam a atuar

isoladamente, podendo comprometer a segurança devido à impossibilidade da transferência de esforços (BELTRÃO, 2003).

A estanqueidade e o isolamento térmico proporcionados pela espessura adequada de concreto sobre as nervuras fazem com que o sistema possua bom comportamento em caso de incêndio, sendo que a resistência é de, no mínimo, 30 minutos. A utilização de armadura positiva adicional, que pode ser colocada no interior das nervuras, tem a capacidade de aumentar esta resistência para 120 minutos (METALICA, 2015).

Conforme Beltrão (2003), utilizam-se as lajes *Steel-Deck* com maior frequência nas construções onde há um prazo mais curto para sua execução. Já para Bragança (2000), as principais vantagens das mesmas são a possibilidade de adoção da fôrma metálica com a finalidade de acabamento, o ganho de prazo para a realização dos serviços nos pavimentos inferiores à laje devido à inexistência de escoramentos, a redução na seção transversal dos perfis metálicos nas edificações em estruturas metálicas, a praticidade para transporte de chapas metálicas e para a montagem das lajes, a redução dos gastos e desperdícios com a montagem de fôrmas para escora da laje e função dupla da chapa, que age como armadura de tração da laje e como fôrma voltada ao concreto fresco.

2.3.2 Precauções a serem adotadas no uso do sistema *Steel Deck*

Conforme Fabrizzi (2007), a escolha do tipo de laje *Steel-Deck* deve observar as situações a seguir: Os vãos com necessidade de escoramento têm uma situação final de carregamento com maior tensão na seção mista, exigindo a utilização de fôrmas com mais resistência de cisalhamento longitudinal. Os vãos onde não exista necessidade de escoramento exigem que a forma de aço suporte o peso inerente ao concreto não curado, onde são recomendadas as formas trapezoidais, com elevada ductibilidade e resistência ao cisalhamento vertical (FABRIZZI, 2007).

Fabrizzi (2007) afirma que a espessura comercial da chapa deve ser entre 0,75 e 1,50 mm, sendo que o fato de que a mesma ficará exposta ao meio-ambiente, faz com que ela deva ser galvanizada com a finalidade de proteção anticorrosiva. O dimensionamento da laje *Steel-Deck* deve considerar, durante a obra, o peso próprio da chapa do concreto antes do endurecimento, bem como os carregamentos relacionados aos materiais e outras sobrecargas da construção. Durante a vida útil

da laje, deve ser considerado o estado limite último e dos estágios limites para utilização (FABRIZZI, 2007).

Para Tabarelli; Araújo; Prestes (2002), deve-se ter precaução quanto à utilização das lajes *Steel Deck*, observando a necessidade de contraventamento e estabilização, já que nem sempre as mesmas podem formar um conjunto estável horizontalmente e quanto à excentricidade vertical.

Figura 8 – Contraventamento metálico no sistema *Steel Deck*



Fonte: Tamaki (2011)

Bragança (2000) afirma que algumas precauções devem ser tomadas, como o cuidado com as reações químicas proporcionadas pelos aditivos que aceleram a pega, a atenção quanto à utilização de armadura de aço complementar nos pavimentos onde se prevê a ocorrência de cargas relevantes, evitar-se o uso de chapas galvanizadas onde as mesmas ficarão desprotegidas, principalmente no litoral, onde os sais de cloro vindos com o vento podem causar danos à estrutura. Conforme Bragança (2000), “nesse caso as chapas de aço conformadas devem ser utilizadas somente como fôrma autoportante perdida, sendo adicionadas armaduras de reforço”.

Outro importante cuidado diz respeito à legislação sobre incêndios, já que em algumas cidades a mesma pode exigir a aplicação de forro voltado à proteção, a utilização de tintas especiais intumescentes ou a aplicação de fibras isolantes na parte inferior da laje, bem como a necessidade de armaduras passivas adicionais (BRAGANÇA, 2000).

Cichinelli (2012) define que uma das maiores desvantagens oriundas da utilização do sistema *Steel Deck* é a limitação no número de fornecedores nacionais, que exige muitas vezes a importação de chapas, aumentando os custos. Por outro lado, deve-se considerar a eliminação dos custos inerentes às fôrmas e escoramentos, bem como as despesas derivadas do desperdício de material, da mão de obra necessária para a retirada de tais escoramentos e fôrmas.

Segundo Campanhã (2010), deve-se computar também a movimentação do material da *Steel Deck* no interior da obra, já que o mesmo é leve e pode ser conduzido por equipamentos de pequeno porte e até mesmo manualmente, o que possibilita maior economicidade. Assim, quanto aos custos de execução, o sistema *Steel Deck* apresenta vantagens com relação à logística interna.

De modo geral, podem-se observar vantagens do uso do sistema *Steel Deck* sobre os demais, como no exemplo de estudo realizado por Ferreira e Benigno (2012), onde foram verificadas as vantagens quanto ao tempo de execução, reduzido em um mês com relação ao concreto armado, bem como a redução na mão de obra e a segurança na execução. Todavia, o custo total foi 11% mais elevado. Deve-se considerar que a análise levou em conta apenas a parte mais baixa do prédio, até o quarto subsolo, onde foi identificada a maior viabilidade do uso do sistema *Steel Deck*. Para os demais andares foi utilizado o concreto armado.

Observando os requisitos de segurança, o sistema *Steel Deck*, devido à “presença da forma de aço assegura isolamento térmico que garante resistência de no mínimo 30 minutos ao fogo, podendo ser aumentada para até 120 minutos com a instalação de armadura adicional” (AÇOPLANO, 2017).

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

3.1 Classificação da pesquisa quanto aos fins

O desenvolvimento do estudo se caracteriza como sendo uma pesquisa de caráter qualitativo e por método descritivo. Desse modo, buscou-se fazer o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos, sem a interferência ou manipulação por parte das pesquisadoras. Esse tipo de pesquisa tem como objeto a descrição das peculiaridades de determinado estudo, fenômeno ou população.

3.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios

A pesquisa se define como uma pesquisa bibliográfica, com base em revisão de literatura de cunho científico. As bases de dados utilizadas foram os livros e os arquivos em meio eletrônico, predominantemente o Google Acadêmico e a base Scielo, além de outras bases relacionadas especificamente à Engenharia, sendo que o critério para escolha das mesmas foi a confiabilidade acadêmica, técnica e científica, do material disponibilizado.

Quanto aos critérios para seleção das obras, o primeiro deles foi a disponibilização integral do conteúdo e a pertinência ao tema abordado, bem como o idioma, português, inglês ou espanhol. Os descritores utilizados foram Lajes, Sistemas construtivos e *Steel Deck*.

3.3 Tratamentos dos dados

A elaboração do referencial teórico do trabalho ocorreu a partir da seleção e organização das obras segundo cada abordagem, numa ordem onde foram primeiramente elencadas as informações mais abrangentes e em seguida as mais específicas. Após tal elaboração, foi feita a correlação entre as ideias dos autores para a montagem da discussão e para a chegada aos resultados e às considerações finais do trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica e das análises trazidas pelos autores, pode-se compreender que as lajes *Steel Deck* possuem diversas vantagens, onde se pode destacar que, conforme Heinz e Benetti (2016), as mesmas possibilitam a eliminação total ou parcial de vigas e escoramentos, sendo eficiente nos casos de incêndio (Metálica, 2015), mas carecendo da tomada de precauções para sua adoção, como a utilização de fôrmas com mais resistência de cisalhamento longitudinal nos vãos com necessidade de escoramento, segundo Fabrizzi (2007) e a necessidade de contraventamento e estabilização, citada por Tabarelli, Araújo e Prestes (2002). Outras vantagens a serem consideradas se referem à sustentabilidade, com a minimização no desperdício de material e na geração de entulho (HEINZ; BENETTI, 2016).

As lajes mistas, definidas como sendo como lajes de fôrma de aço incorporada, conforme a ABNT, (2008), que têm como particularidade o fato de envolver duas fases para análise do sistema, segundo Queiroz *et al.* (2001), incorporam as lajes denominadas *Steel Deck*, que se utilizam de telhas galvanizadas, apoiadas em estruturas metálicas, com a função de servir de forma para a concretagem (CBCA, 2014; LIBRELOTTO; FERROLI, 2018).

Outros cuidados se referem às reações químicas proporcionadas pelos aditivos que aceleram a pega, a atenção quanto à utilização de armadura de aço complementar nos pavimentos onde se prevê a ocorrência de cargas relevantes, evitar-se o uso de chapas galvanizadas onde as mesmas ficarão desprotegidas, bem como a necessidade de atenção quanto a possibilidade de aplicação de forro contra incêndios (BRAGANÇA, 2000). A desvantagem, citada por Cichinelli (2012), se refere à limitação no número de fornecedores nacionais. No entanto, após a pesquisa da autora, vários novos fornecedores passaram a atuar no mercado interno, em todo o Brasil, reduzindo tais dificuldades tanto na fabricação de chapas quanto do próprio sistema. Ainda assim, segundo Heinz e Benetti (2016), o *Steel Deck* ainda é um processo pouco difundido no país.

A título de exemplo, em 2018 foram catalogados 86 distribuidores, 45 fabricantes, 30 prestadores de serviços, 17 importadores e 7 exportadores, predominantemente na Região Sudeste, mas em menor escala em todas as demais regiões. As limitações ainda podem ser encontradas no tocante à aquisição de

componentes, como os conectores de cisalhamento (NEI, 2018). Quanto aos fabricantes das lajes mistas, os principais são a Arcelor Mittal e a Braços, com fornecedores em diversas cidades do país.

A economia no tocante à logística interna, citada por Campanhã (2010), o bom comportamento em caso de incêndio, segundo Metálica (2015), o ganho de prazo para a realização dos serviços nos pavimentos inferiores à laje devido à inexistência de escoramentos, bem como a redução dos gastos e desperdícios com a montagem de fôrmas para escora da laje e função dupla da chapa citados por Bragança (2000), somam-se à praticidade e economia no mercado e nas obras indicadas por Cichinelli (2012), fazendo com que o sistema se apresente como importante alternativa construtiva. De modo geral, as vantagens do sistema Steel Deck destacadas pelos autores se encontram elencadas no Quadro 3:

Quadro 3 – Resumo das vantagens do Sistema Steel Deck

AUTOR	VANTAGENS
Bragança (2000)	Utilização da fôrma metálica para o acabamento, ganho de prazo para a realização dos serviços nos pavimentos inferiores à laje, redução na seção transversal dos perfis metálicos nas edificações em estruturas metálicas, praticidade para transporte de chapas metálicas e para a montagem das lajes, redução dos gastos e desperdícios com a montagem de fôrmas para escora da laje e função dupla da chapa.
Campanhã (2010)	Economia com a movimentação de material no interior da obra.
Cichinelli (2012)	Eliminação dos custos inerentes às fôrmas e escoramentos, bem como as despesas derivadas do desperdício de material, da mão de obra necessária para a retirada de tais escoramentos e fôrmas.
Ferreira e Benigno (2012)	Vantagens quanto ao tempo de execução.
Heinz e Benetti (2016)	Eliminação total ou parcial do escoramento, facilitação da mobilidade para a concretagem. Evitam a geração de entulho e possuem maior leveza, velocidade de execução e baixo custo.
Librelotto e Ferroli (2018)	Economia quanto à mão de obra.
Lima e Souza (2010)	Praticidade e economia

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Acerca das desvantagens ou precauções a serem adotadas quanto à utilização do sistema Steel Deck, as mesmas podem ser observadas no Quadro 4:

Quadro 4 – Resumo das desvantagens ou precauções do Sistema Steel Deck

AUTOR	PRECAUÇÕES OU DESVANTAGENS
Bragança (2000)	Cuidado com as reações químicas proporcionadas pelos aditivos que aceleram a pega, a atenção quanto à utilização de armadura de aço complementar nos pavimentos onde se prevê a ocorrência de cargas relevantes, evitar o uso de chapas galvanizadas em lugares onde as mesmas ficarão desprotegidas. Nos casos onde a legislação contra incêndio exigir, deve-se utilizar a aplicação de forro voltado à proteção, a utilização de tintas especiais intumescentes ou a aplicação de fibras isolantes na parte inferior da laje, bem como a necessidade de armaduras passivas adicionais.
Cichinelli (2012)	Limitação no número de fornecedores nacionais, que exige muitas vezes a importação de chapas, aumentando os custos.
Fabrizzi (2007)	Os vãos com necessidade de escoramento exigem a utilização de fôrmas com mais resistência de cisalhamento longitudinal.
Heinz e Benetti (2016),	O processo ainda é pouco difundido no país.
Nei (2008)	Dificuldade para a aquisição de componentes, como os conectores de cisalhamento.
Tabarelli; Araújo; Prestes (2002)	Necessidade de contraventamento e estabilização.

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da utilização dos sistemas *Steel-Deck* surge diante da observação de que as inovações diversas surgidas no contexto da construção civil devem ser incorporadas nos processos produtivos ao apresentarem os elementos relacionados à economia, a segurança, a sustentabilidade e a produtividade na consecução das obras.

A análise das vantagens do sistema indica que podem ser elencadas a facilidade de movimentação do material da *Steel Deck* no interior da obra, a eliminação dos custos inerentes às fôrmas e escoramentos, a redução das despesas derivadas do desperdício de material e da mão de obra necessária para a retirada de tais escoramentos e fôrmas, a possibilidade de adoção da fôrma metálica com a finalidade de acabamento e o ganho de prazo para a realização dos serviços nos pavimentos inferiores à laje devido à inexistência de escoramentos.

Somam-se a estas vantagens a redução na seção transversal dos perfis metálicos nas edificações em estruturas metálicas, a praticidade para transporte de chapas metálicas e para a montagem das lajes e a função dupla da chapa. Entretanto, a principal vantagem pode ser considerada como o ganho de tempo e economia de mão de obra, considerando a maior produtividade inerente ao sistema.

A desvantagem representada pela limitação no número de fornecedores nacionais foi reduzida no tocante à matéria prima e ao próprio sistema, com a existência de diversos fabricantes e distribuidores. Em síntese, os obstáculos apresentados para a utilização do sistema *Steel Deck* se relacionam à pouca informação acerca desta tecnologia e à necessidade de armaduras passivas adicionais nos casos onde a legislação contra incêndios exige, em como à dificuldade para obtenção de alguns componentes, como os conectores de cisalhamento.

As potencialidades apresentadas se referem às questões inerentes ao custo, ao tempo para execução da obra e à logística, considerando que a maior difusão da tecnologia *Steel Deck* pode determinar vantagens relacionadas à produtividade e à mobilidade durante o processo, resultando em praticidade e economia, que se reflete inclusive na significativa redução na quantidade de mão de obra necessária para a montagem, conforme indicado na presente pesquisa. Somam-se as estas

vantagens a questão da sustentabilidade, oriunda da minimização na produção de entulhos.

Espera-se que o presente trabalho possa contribuir para subsidiar outras pesquisas, observando a importância da existência de alternativas aos sistemas convencionais. Sugere-se, inclusive, a realização de um estudo de caso que possa indicar as possíveis vantagens e obstáculos à utilização do sistema discutido.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800**: Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

AÇOPLANO. **Veja as principais vantagens do *Steel Deck***. 2017. Disponível em: <<http://www.acoplano.com.br/blog/veja-as-principais-vantagens-do-steel-deck/>>. Acesso em 13 dez. 2018.

ARCELOR MITTAL. **Telha Forma Colaborante *Steel Deck Polydeck 59S***. 2018. Disponível em: <http://www.perfilor.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=142>. Acesso em 02 abr. 2018.

BASTOS, P. S. S. **Notas de Aula da disciplina de Estruturas de Concreto I – Lajes de Concreto**. Curso de graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2015.

BELTRÃO, A. J. N. **Comportamento estrutural de lajes mistas com corrugações na alma de perfis de chapa dobrada**. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Civil – PUC–Rio, 2003. 124p. (Dissertação de Mestrado). Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000107&pid=S0370-4467200700020001500003&lng=pt>. Acesso em 02 out. 2018.

BRAGANÇA, A. C. **Fôrmas-laje de aço e concreto**. 2000. Disponível em: <techne17.pini.com.br/engenharia-civil/49/artigo285181-1.aspx>. Acesso em 01 abr. 2018.

CALIXTO, J. M.; BENDOLAN, G.; PIMENTA, R. **Estudo Comparativo dos Critérios de Dimensionamento ao Cisalhamento Longitudinal em Lajes Mistas de Aço e Concreto**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/riem/v2n2/02.pdf>>. Acesso em 10 out. 2018.

CBCA. Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Lajes em *Steel Deck***. 2014. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=6415>>. Acesso em 27 set. 2018.

CAMPANHÃ, L. R. Mercado em formação. **Construção**. 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/108/mercado-em-formacao-uso-de-lajes-steel-deck-ainda-283779-1.aspx>>. Acesso em 11 out. 2018.

CICHINELLI, G. **Construção Rápida**. Revista Técnica. 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/179/construcao-rapida-sistema-misto-que-dispensa-parcial-ou-totalmente-287917-1.aspx>>. Acesso em 02 abr. 2018.

_____. **Veja os procedimentos de execução de lajes em Steel Deck**. Revista Técnica, São Paulo, ed. 211, out. 2014.

CUNHA, A. J. P.; SOUZA, V. C. M. **Lajes em Concreto Armado e Protendido**. 2. Ed. Rio de Janeiro: UERJ, 1998.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos. Projeto REENGE. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

FABRIZZI, M. A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007. (Dissertação de Mestrado)

FERREIRA, R.; BENIGNO, F. **Concreto armado X estrutura metálica e steel deck**. 2012. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/135/concreto-armado-x-estrutura-metalica-e-steel-deck-area-299651-1.aspx>>. Acesso em 13 dez. 2018.

HARD. Stud Welding. **Fixação de fôrmas para Steel Deck**. 2010. Disponível em: <<http://www.hard.com.br/es/construcao/construcao-metalica/stud-welding/>>. Acesso em 17 out. 2018.

HEINZ, J. M. M. BENETTI, J. S. Z. **Análise de custos diretos de lajes mistas Steel Deck e comparativo de custos com lajes pré-moldadas com vigotas treliçadas**. 2016. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7667/1/PB_COECI_2016_1_10](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7667/1/PB_COECI_2016_1_10.pdf)>.pdf>. Acesso em 20 mar. 2018.

INCOBRAZ. **Laje pré-moldada, como funciona?** 2018. Disponível em: <<http://incobraz.com.br/laje-pre-moldada-como-funciona/>>. Acesso em 17 set. 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2017.

LEMOS, P. P. **Sistema de lajes mistas *Steel Deck***: análise comparativa com o sistema de lajes zero em concreto armado. Porto Alegre: UFRGS, 2013. Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78288/000896953.pdf?sequence=1>>. Acesso em 20 out. 2018.

LIBRELOTTO, L. I.; FERROLI, P. C. M. **Laje *Steel Deck***. Portal Virtuhab. 2018.

Disponível em: <<http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/laje-steel-deck/>>. Acesso em 02 abr. 2018.

LIGHT STEEL FRAME. **Saiba mais sobre o Sistema *Steel Deck***. Manual do Sistema Light Steel Frame. 2018. Disponível em: <<http://lightsteelframe.eng.br/steel-deck/>>. Acesso em 20 out. 2018.

LIMA, Y. D. C.; SOUZA, A. S. C. **Análise comparativa de soluções de lajes para edifícios estruturados em aço**. São Paulo: 2010.

METÁLICA. **Lajes: *Steel Deck***. 2015. Disponível em:

<<http://www.metalica.com.br/lajes-steel-deck>>. Acesso em 10 out. 2018.

NEI. **Chapas de Aço Galvanizado**. Encontramos 166 empresas. 2018. Disponível em: <<https://www.nei.com.br/fornecedores/chapas-de-aco-galvanizado?id=3fc255cd-5635-11e4-86da-b8ac6f8335df>>. Acesso em 10 nov. 2018.

PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C. D.; SANTOS, S. P. **Lajes Maciças**. 2010.

Disponível em:

<<http://www.set.eesc.usp.br/mdidatico/concreto/Textos/11%20Lajes%20Macicas.pdf>>. Acesso em 10 nov. 2018.

PINI. **Trabalho compara custos de projeto estrutural com lajes maciças e nervuradas**. 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/203/artigo307462-2.aspx>>. Acesso em 10 nov. 2018.

QUEIROZ, G. et al. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Belo Horizonte: O Lutador, 2001.

QUEIROZ, G. et al. **Manual de construção em aço – estruturas mistas**. Inst. Aço Brasil. Centro Bras. Constr. Aço. Rio de Janeiro, 2012.

SAYEGH, S.. **Tecnologia**: Estruturas pré-fabricadas de concreto. Rev. AU, ed. 209, ago. 2011. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/209/prontas-para-obra-226532-1.aspx>>. Acesso em 12 set. 2018.

SILVA, E. L.; SILVA, V. P. **Dimensionamento de perfis formados a frio conforme NBR 14762 e NBR 6355**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.

SILVA, M. C. R.; ANGELIS NETO, G.; DONATONI, J. B.; VIEIRA, J. K. **Aplicação de lajes de concreto armado na construção civil – estudo de caso em Maringá/PR**. IV Encontro Tecnológico da Engenharia Civil e Arquitetura. Disponível em: <http://www.dec.uem.br/eventos/enteca_2003/Temas/tema3/053.PDF>. Acesso em 10 dez. 2018.

SOUZA, E. **Tipos de lajes de concreto**: vantagens e desvantagens. 2018. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/889035/tipos-de-lajes-de-concreto-vantagens-e-desvantagens>>. Acesso em 16 set. 2018.

TABARELLI, A.; ARAÚJO, E. C.; PRESTES, J. A. S.. Análise comparativa de sistemas verticais de estabilização e a influência do efeito P-D no dimensionamento de edifícios de andares múltiplos em aço. **Rev. Esc. Minas**, vol. 55 no.4 Ouro Preto Oct./Dic. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672002000400004>. Acesso em 01 out. 2018.

TAKEY, T. H. **Sistema de Laje Mista para Edificações com uso de perfis de Chapa Metálica**. 2001. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2001.

TAMAKI, L. **Estrutura rápida**. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/artigo286920-2.aspx>>. Acesso em 17 nov. 2018.

THOMAZ, E.; ABREU, M. C. A. **Conheça tudo sobre a laje protendida**. IDD News. 2017. Disponível em: <<https://www.idd.edu.br/blog/idd-news/conheca-tudo-sobre-a-laje-protendida>>. Acesso em 15 ago. 2018.

VIANNA, J. C. **Sistema de Laje Mista para Edificações Residenciais com o uso de perfis embossados de chapa dobrada**. 2005. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005.

VIANNA, J. C. et al. Um sistema de laje mista para edificações residenciais usando perfis de chapa dobrada com corrugações. **Rev. Esc. Minas**. 2007, vol. 60, n.2,

pp.325-331. ISSN 0370-4467. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672007000200015>>. Acesso em 15 ago. 2018.

VIEIRA, D. J. **Estudo Teórico-Experimental do Comportamento de Lajes mistas com Perfis Incorporados de Aço**. 2003. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2003.