

CENTRO UNIVERSITÁRIO UniEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIANO SOARES PIMENTA

INOVAÇÃO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS
***STEEL DECK* NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Anápolis-GO, Dezembro de 2013

ADRIANO SOARES PIMENTA

**INOVAÇÃO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS
STEEL DECK NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora do Centro Universitário UniEvangélica, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Rogério Cardoso dos Santos

Anápolis-GO, Dezembro de 2013

PIMENTA, Adriano Soares, 1982 -

**Inovações e Sistemas Steel Deck na Construção Civil /Adriano Soares Pimenta.
- 2013.**

88 f.: il. color.; 30cm

Orientador: Prof. Msc. Rogério Cardoso dos Santos

**Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Universitário de Anápolis –
Unievangélica, Curso de Engenharia Civil, 2013.**

**1. Estruturas. 2. "Steel Deck". 3. Construção Civil. I. Do Santos, Rogério Cardoso.
II. Centro Universitário de Anápolis – Unievangélica, Curso de Engenharia Civil.
III. Inovações e Sistemas Steel Deck na Construção Civil.**

CENTRO UNIVERSITÁRIO UniEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADRIANO SOARES PIMENTA

INOVAÇÃO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS
***STEEL DECK* NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso aprovado em ____/____/____ para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Msc. Rogério Cardoso dos Santos

Examinador: Prof. Dr. Benjamim Jorge Rodrigues dos Santos

Examinador: Prof. Msc. Christian Moreira

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS por ter me abençoado em chegar a mais esta etapa de minha vida, guardando-me nestas estradas perigosas.

Ao meu orientador que esteve à minha disposição, tirando dúvidas e me auxiliando na coleta de materiais para confecção desta monografia.

Aos professores do curso de engenharia civil pela oportunidade que me foi dada para iniciar minha carreira acadêmica.

Aos funcionários da UniEvangélica, pela convivência durante todo o curso, tornando-os parceiros de inestimável valor.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus amigos, aos meus professores, ao meu orientador e à minha esposa, que com muito carinho e dedicação incutiram na minha formação acadêmica o exemplo de amor, honestidade, paciência e trabalho.

RESUMO

O *steel deck* é um sistema construtivo misto, que engloba os benefícios do aço e do concreto em sua composição. Trata-se de uma ferramenta prática, inteligente e econômica, que proporciona economia de custos e tempo na execução de uma obra.

Nota-se uma grande evolução nos processos construtivos e a colaboração do aço no desenvolvimento de tecnologias, com o intuito de proporcionar soluções técnicas e racionalizar o projeto em obra.

Nos canteiros de obras da construção civil vem aumentando cada dia mais a procura por soluções pré-fabricadas e, nesse contexto, as estruturas metálicas vêm se destacando, apresentando diversos benefícios para a sociedade e meio-ambiente.

Apesar do *steel deck* oferece vantagens como a eliminação completa de escoramentos e a redução relevante no peso e consequentemente do custo dos componentes estruturais, ainda é uma tecnologia pouco utilizada na construção civil brasileira, que ainda vive a cultura do concreto em detrimento à utilização do aço. Além disso, o alto custo desse sistema ainda limita seu uso no Brasil.

Ainda não existem normas brasileiras oficiais a respeito do *steel deck*, o mercado apresenta escassez de profissionais qualificados e poucas empresas nacionais fabricam esse sistema construtivo.

Há exemplos bem sucedidos da aplicabilidade do *steel deck* em grandes cidades brasileiras. Contudo, observa-se a necessidade de se aprofundar os estudos desta ferramenta e de todas as vantagens oferecidas por um sistema construtivo misto.

Palavras chaves: Estruturas; *Steel Deck*; Construção Civil.

ABSTRACT

The steel deck is a mixed construction system, which encompasses the benefits of steel and concrete in its composition. This is a practical, intelligent and economical tool that provides cost and time in the implementation of a work economy.

Note is a major evolution in construction processes and collaboration in the development of steel technology, in order to provide technical solutions and streamline project work.

Construction sites construction is increasing every day more demand for prefabricated solutions and, in that context, the metallic structures has been outstanding, with many benefits to society and the environment.

Despite the steel deck offering advantages such as complete elimination of shoring and significant reduction in weight and therefore the cost of structural components, a technology is still underutilized in Brazilian civil construction, which still lives the culture of the concrete over the use of steel. Moreover, the high cost of this system still limits its use in Brazil.

There are no official rules regarding the Brazilian steel deck, the market has a shortage of qualified professionals and few domestic companies that manufacture building system.

There are successful examples of the applicability of steel deck in large Brazilian cities. However, there is a need for further studies of this tool and all the advantages of a mixed construction system.

Keywords: Structures; Steel Deck; Civil Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Posições recomendadas para juntas de construção na laje de concreto.....	17
Figura 4.2 - O conjunto steel deck e seus componentes-Parte 1.....	18
Figura 4.3 - O conjunto <i>steel deck</i> e seus componentes-Parte 2.....	19
Figura 5.1 - Perfil <i>steel deck</i> fabricado pela empresa Metform.....	21
Figura 5.2 - Bobinas de aço para fabricação do <i>steel deck</i>	22
Figura 5.3 - Máquinas de corte (<i>sliter</i>).....	23
Figura 5.4 - Máquina de perfilar.....	23
Figura 5.5 - <i>Steel deck</i> MBP-75/795.....	26
Figura 6.1 - Dimensões do <i>steel deck</i> MF-75.....	32
Figura 7.1 - Fluxo de comunicação do projeto-produto.....	37
Figura 7.2 - Etapas da utilização do <i>steel deck</i>	38
Figura 7.3 - Içamento - distribuição e espalhamento.....	39
Figura 7.4 - Içamento - distribuição e espalhamento.....	39
Figura 7.5 - Içamento - distribuição e espalhamento.....	40
Figura 7.6 - Armazenamento de materiais.....	40
Figura 7.7 - Armazenamento de materiais.....	41
Figura 7.8 - Conferência de material para montagem.....	41
Figura 7.9 - Montagem da telha <i>steel deck</i>	42
Figura 7.10 - Montagem da telha <i>steel deck</i>	42
Figura 7.11 - Colocação de malha antifissuração.....	43
Figura 7.12 - <i>Steel deck</i> pronto para receber o concreto.....	43
Figura 7.13 - Fixação da telha sobre a terça Z.....	44
Figura 7.14 - Fixação da telha sobre a terça Z.....	44
Figura 7.15 - Fixação da telha sobre a terça Z.....	45

Figura 7.16 - Montagem e fixação dos acabamentos.....	45
Figura 7.17 - Montagem e fixação dos acabamentos.....	46
Figura 7.18 - Montagem e fixação dos acabamentos.....	46
Figura 7.19 - Montagem e fixação dos acabamentos.....	47
Figura 7.20 - Colocação das mestras para concretagem.....	47
Figura 7.21 - Colocação das mestras para concretagem.....	48
Figura 7.22 - Preparação para a concretagem.....	48
Figura 7.23 - Preparação para a concretagem.....	49
Figura 7.24 - Preparação para a concretagem.....	49
Figura 7.25 - Bombeamento de concreto reforçado com fibras.....	50
Figura 7.26 - Disposição da camada de concreto sobre a telha <i>steel deck</i>	50
Figura 7.27 - Sarrafeamento do concreto.....	51
Figura 7.28 - Nivelamento do concreto.....	51
Figura 8.1 - Montagem da laje <i>steel deck</i> no Hospital Premium.....	53
Figura 8.2 - Montagem da laje <i>steel deck</i> no Hospital Premium.....	54
Figura 8.3 - Montagem da laje <i>steel deck</i> no Hospital Premium.....	54
Figura 8.4 - Montagem da laje <i>steel deck</i> no Hospital Premium.....	55
Figura 8.5 - Montagem da laje <i>steel deck</i> no Hospital Premium.....	55
Figura 9.1 - <i>Stud bolts</i> (conector de cisalhamento).....	56
Figura 9.2 - Vigas sem conectores <i>versus</i> vigas com conectores de cisalhamento.....	57
Figura 10.1 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Edifício WTorre Nações Unidas.....	58
Figura 10.2 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Edifício WTorre Nações Unidas.....	59
Figura 10.3 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Edifício <i>New Century</i>	60
Figura 10.4 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Edifício <i>New Century</i>	60
Figura 10.5 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Salvador <i>Shopping</i>	62

Figura 10.6 - Utilização do <i>steel deck</i> na construção do Salvador <i>Shopping</i>	62
Figura 10.7 - Utilização do <i>steel deck</i> no Shopping Flamboyant - Goiânia/GO.....	63
Figura10.8 - Utilização dos conectores de cisalhamento <i>stud bolts</i> no Viaduto do DAIA – Anápolis/GO.....	64
Figura 10.9 - Utilização do <i>steel deck</i> nas obras de ampliação do Hospital Sírio-Libanês – São Paulo/SP.....	65
Figura 11.1 - Vigas do 6º andar do Edifício Bressmer após incêndio em 1948, Springfield. EUA.....	67
Figura 11.2 - A laje protege uma das faces de mesa de uma viga em situação de incêndio.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Faixa de variação dos valores médios de E (NBR8800).....	9
Quadro 2.2 - As resistências à ruptura por tração ou compressão dos aços.....	10
Quadro 2.3 - Elementos lineares mais comuns.....	13
Quadro 2.4 - Elementos de superfície mais comuns.....	14
Quadro 4.1 - Legenda do conjunto do <i>steel deck</i>	19
Quadro 5.1 - Tabela de cargas sobrepostas máximas do <i>Steel Deck</i> MF-75.....	25
Quadro 5.2 - Propriedades físicas - <i>Steel Deck</i> - Bauer.....	26
Quadro 6.1 - Propriedades físicas - <i>Steel deck</i> MF-75.....	32
Quadro 6.2 - Consumo de concreto - tipo de armadura para retração.....	66

LISTA DE SÍMBOLOS

β	Coeficiente de dilatação térmica
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
E	Módulo de deformação longitudinal
f_{ck}	Resistência característica a compressão
f_u	Tensão de ruptura
f_y	Tensão de escoamento
Mpa	Mega pascal
ρ	Massa específica
ν	Coeficiente de Poisson
wd	Valor solicitante
wn	Valor resistente

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
BR	Rodovia Belém-Brasília
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DAIA	Distrito Agroindustrial de Anápolis
DNIT	Departamento Nacional de Infra estrutura de Transportes
FEM	Fábrica de Estrutura Metálica
HEF	Lâmina média de concreto
MBP	Metalúrgica Barra do Pirai
MF	Metform
MN	Método de Resistências Nominais
NBR	Abreviação de ABNT
TRRF	Tempo Mínimo de Resistência ao Fogo

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE QUADROS.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo Geral.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICATIVA.....	3
1.4 METODOLOGIA.....	4
1.5 APRESENTAÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO EM CONCRETO E AÇO.....	6
2.2 HISTÓRIA DAS LAJES COM O SISTEMA <i>STEEL DECK</i> NO BRASIL.....	12
2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	13
2.3.1 Elementos lineares e elementos de superfície.....	13
2.4 FATORES QUE PREJUDICAM A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA NOMERCADO BRASILEIRO.....	14
3 LEGISLAÇÃO <i>STEEL DECK</i>.....	15
4 INOVAÇÃO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS <i>STEEL DECK</i> NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
4.1 <i>STEEL DECK</i>	16
4.2 <i>STEEL DECK</i> E SUAS FUNÇÕES ESTRUTURAIS.....	16
4.3 VANTAGENS DO <i>STEEL DECK</i>	17
4.4 LIMITAÇÕES DO <i>STEEL DECK</i>	20
5 ONDE ENCONTRAR O PERFIL <i>STEEL DECK</i>.....	21
5.1 ALGUMAS INDÚSTRIAS QUE FABRICAM O PERFIL <i>STEEL DECK</i>	21

5.2 MATERIAIS ADOTADOS E CRITÉRIOS DE CÁLCULO: LAJES COM <i>STEEL DECK</i> METFORM.....	21
5.3 MATERIAIS ADOTADOS E CRITÉRIOS DE CÁLCULO: LAJES COM <i>STEEL DECK</i> MBP- 75/95 – FALCÃO BAUER.....	26
5.3.1 Propriedades físicas.....	27
6 PROCESSOS DE DIMENSIONAMENTO.....	28
6.1 CARGAS DURANTE A CONSTRUÇÃO E CARGAS DE SERVIÇO.....	29
6.2 LAJES MISTAS COM ARMADURA DE REFORÇO.....	30
6.3 FORMAS DE ABERTURAS EM LAJES COM <i>STEEL DECK</i>	30
6.4 DIMENSIONAMENTO DO <i>STEEL DECK</i> MF-75.....	31
7 PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	36
7.1 ETAPAS DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS DA LAJE <i>STEEL DECK</i>	37
7.2 PROJETO COMO PROCESSO.....	52
7.3 PROJETO COMO PRODUTO.....	52
7.4 COMPOSIÇÃO DO PROJETO DE PRODUÇÃO <i>STEEL DECK</i>	52
8 MONTAGEM DAS LAJES <i>STEEL DECK</i> NO HOSPITAL PREMIUM – GOIÂNIA/GO.....	53
9 <i>STUD BOLTS</i> (conector de cisalhamento).....	53
10 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SISTEMA <i>STEEL DECK</i> NO BRASIL.....	58
10.1 EDIFÍCIO WTORRE NAÇÕES UNIDAS – SÃO PAULO/SP.....	58
10.2 EDIFÍCIO <i>NEW CENTURY</i> – SÃO PAULO/SP.....	59
10.3 SALVADOR <i>SHOPPING</i> – SALVADOR/BA.....	61
10.4 <i>SHOPPING</i> FLAMBOYANT – GOIÂNIA/GO.....	63
10.5 VIADUTO DO DISTRITO AGROINDUSTRIAL DE ANÁPOLIS - ANÁPOLIS/GO.....	72
10.6 HOSPITAL SÍRIO-LIBANÊS – SÃO-PAULO/GO.....	65
11 DIMENSIONAMENTOS DE LAJES COM <i>STEEL DECK</i> EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	66
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Processos racionais buscam seu espaço no mercado da construção, com uma resistência menor do que no final do século XX, quando se tornaram estudados e conhecidos.

Os componentes metálicos industrializados tem o propósito de racionalizar as etapas de construção, possibilitando ao máximo de produtividade e qualidade.

Após o século XX, o aço teve uma grande transformação na sociedade, tendo como a sua principal característica a pré-fabricação.

O sistema *steel deck* é uma ferramenta inteligente, prática e econômica, que ainda é relativamente pouco utilizada no Brasil, daí a necessidade de se expandir esse sistema construtivo em nosso país. Para isso, precisa-se conhecer melhor o seu funcionamento, os benefícios de sua utilização e a aplicabilidade na construção civil.

Atualmente vários métodos têm sido adotados para eliminar escoras e suportar o carregamento relativo ao concreto fresco, com o intuito de atender aos rígidos índices de produtividade e a necessidade de rapidez durante a execução de lajes.

Desta forma, o sistema de lajes com *steel deck* prevalece como o método mais eficiente para atender essas exigências. Além da eliminação de escoramentos durante a execução da obra, as lajes com *steel deck* proporcionam um sistema construtivo misto (aço e concreto) otimizado, que permite redução relevante no peso e, como consequência, no custo dos componentes estruturais.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho consiste em estudar o desempenho do sistema *steel deck*, a aplicabilidade e a viabilidade nas edificações, destacando suas vantagens e limitações. Esses procedimentos serão baseados nas normas nacionais e revisões bibliográficas do assunto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Mostrar de forma lícita o funcionamento do sistema construtivo *steel deck*;
- Analisar as vantagens da utilização do sistema *steel deck*, bem como sua aplicabilidade e viabilidade na construção civil;
- Buscar inovações para o mercado brasileiro, visando melhoria e agilidade no desenvolvimento das edificações;
- Mostrar exemplos de projetos executados com vigas *steel deck* no Brasil que obtiveram bons resultados.

1.3 JUSTIFICATIVA

O *steel deck* precisa ser melhor compreendido pois consiste em um sistema construtivo relativamente ainda pouco utilizado em nosso país. Como se trata de uma alternativa prática, econômica e que em última análise leva a uma economia relevante de custos e tempo das obras, é necessário aprofundar-se no estudo deste sistema.

Através deste conhecimento, podemos perceber que o *steel deck* é utilizado sobre estrutura metálica e a velocidade de montagem é praticamente igual ou superior à velocidade de montagem da estrutura convencional, o que permite ganhos de tempo e eliminação de interferências entre as atividades envolvidas no caminho crítico para a construção do empreendimento.

Dentro dos estudos deste trabalho, alguns fatores responsáveis pelo desenvolvimento e crescimento da tecnologia de lajes com *steel deck* são: a melhoria da geometria das fôrmas de aço com seções cada vez mais resistentes e leves; o desenvolvimento de mossas eficientes, com melhoria na capacidade de resistência às tensões de cisalhamento longitudinal na interface fôrma/concreto; possibilidade de consideração do *steel deck* como diafragma horizontal, mesmo antes da concretagem das lajes; acessibilidade às normas com aplicações de pesquisas recentes sobre o comportamento de lajes com *steel deck* em temperatura ambiente e em situação de incêndio, e maior disponibilidade de insumos para projeto, execução e otimização de estruturas mistas aço-concreto, o que permite concepções que reduzem o peso dos componentes estruturais.

Portanto, a principal característica do sistema de lajes *steel deck* é a rapidez de execução da estrutura. Devido à eliminação completa de escoras, o sistema torna possível a simultaneidade de tarefas durante a obra. Este trabalho se justifica por ser uma modalidade tecnicamente nova, que precisa ser mais conhecida no meio da construção civil, permitindo agilidade nas construções e com isto a melhora do benefício custo/produção, contudo é necessário quebrar alguns paradigmas.

1.4 METODOLOGIA

O estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica em bases de dados. Para levantamento e coleta dos artigos, foram utilizados os descritores: estruturas e *steel deck*.

Devido à escassez de artigos na área, também foram pesquisados livros que tratam sobre o assunto, periódicos, páginas da internet e manuais de empresas que fabricam o sistema construtivo *steel deck*.

1.5 APRESENTAÇÕES DOS CAPÍTULOS

No capítulo dois, foi realizada uma revisão bibliográfica.

No capítulo três, foi abordada a legislação do *steel deck*.

No capítulo quatro, foi pesquisada a inovação em sistemas construtivos *steel deck* na construção civil.

O capítulo cinco buscou-se fornecer informações sobre empresas que fabricam a laje *steel deck*.

O capítulo seis trata dos processos de dimensionamento do *steel deck*.

No capítulo sete, abordam-se os processos construtivos.

O capítulo oito mostra a montagem das lajes *steel deck* no hospital Premium - Goiânia/GO.

No capítulo nove, abordou-se o *stud bolt* (conector de cisalhamento).

O capítulo representa exemplos de aplicação do *steel deck* no Brasil.

O capítulo onze mostra o dimensionamento de lajes com *steel deck* em situação de incêndio.

No capítulo doze, apresentam-se as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.HISTÓRICO DA CONSTRUÇÃO EM CONCRETO E AÇO

O concreto é o produto plástico da mistura de aglomerantes e agregados que alcança rigidez após um período de cura. No concreto armado é adicionada uma armadura para resistir aos esforços de tração que o concreto puro não tem bom desempenho (REBELLO, 2005).

No Brasil, a primeira norma ampla para concreto estrutural NB1 1940, veio da unificação de duas outras, a norma de 1931 da ABC e a norma de 1937, elaborada pela associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Em 1801, foi construído o primeiro edifício industrial com estrutura metálica em Manchester (Reino Unido). Neste século, diversas obras foram realizadas, inclusive o Palácio de cristal em Petrópolis (RJ), inspirado no Palácio de Cristal de Londres (RAPHAEL, 2010).

Fakuri (2007) afirma que no Brasil, a indústria siderúrgica foi implantada após a Segunda Guerra Mundial, com a construção da Usina Presidente Vargas da CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro. Atualmente, o parque industrial brasileiro dispõe de diversas usinas siderúrgicas, com capacidade de fabricar produtos para estruturas de grande porte.

Dias (2002) fez uma coletânea de edificações metálicas no Brasil, fartamente ilustrada com fotos e desenhos. Um exemplo histórico é o Edifício Avenida Central, no Rio de Janeiro, primeiro edifício alto em estrutura metálica do Brasil, fabricado e montado pela extinta FEM – Fábrica de Estruturas Metálicas da CSN, em 1961.

Pfeil *et al* (2009) ressalta em seu estudo que, com o desenvolvimento da ciência das construções e da metalurgia, as estruturas metálicas adquiriram formas funcionais e arrojadas, constituindo-se em verdadeiros triunfos da tecnologia.

No Brasil, temos como exemplo os vãos metálicos da Ponte Rio-Niterói, com vãos laterais de 200m e vão central de 300m, recorde mundial em viga reta. Foi construída há vários anos, mas até hoje representa um dos grandes exemplos de pontes do mundo, servindo como referência mundial e mostrando o que pode ser construído utilizando essa grande matéria prima, que é o aço.

Após a Primeira Guerra Mundial, a construção civil passou a utilizar o potencial produtivo siderúrgico conquistado na indústria armamentista para reconstrução da Europa e os perfis metálicos passaram a ser um dos principais insumos da construção, assim como o concreto (REBELLO, 2005).

Atualmente, vivemos um período no Brasil em que a construção metálica está atravessando uma grande expansão. A partir dos anos oitenta, tem-se tido a oportunidade de vivenciar o crescimento do mercado de estruturas em aço, incrementado principalmente por novas tendências do setor da construção de edifícios, o que prosperou a construção industrializada e os seus conceitos relativos ao meio ambiente (MIRRA, 2008).

A industrialização na produção de edifícios é um objetivo perseguido a partir da instalação das idéias de racionalização e gestão da qualidade no mercado global, onde o controle da cadeia de produção leva a melhores resultados no produto final e maior economia.

Essas idéias tem o sentido de promover a organização da cadeia produtiva a partir do controle de procedimentos e do desenvolvimento de soluções que buscam diminuir desperdício e agilizar o tempo de produção, atendendo exigências de prazo, custo e qualidade cada vez maiores no mercado imobiliário (NOVAES, 2001).

As etapas exigidas na construção metálica englobam desde a elaboração do projeto, passando pela fabricação dos perfis até a montagem no canteiro de obras, o que permite um maior controle da cadeia produtiva, fazendo com que prazos, custos e qualidades possam ser estabelecidos ao início e atingidos ao final do processo (FABRIZZI, 2007).

Já os conceitos relativos ao meio ambiente, na construção metálica, são traduzidos por se tratar de um material totalmente reciclável, uma vez que esgotada a vida útil da edificação, este material pode retornar sob a forma de sucata aos fornos das usinas siderúrgicas para ser reprocessado sem perda de qualidade (MIRRA, 2008).

O aço tem a capacidade de ser reciclado várias vezes sem reduzir suas propriedades inerentes. Sustentabilidade é um fator chave para os clientes, e pelo menos 94% de todo o aço produtos de construção podem ser reutilizados ou reciclados após a demolição de um prédio (RACKHAM *et al.*, 2009).

Também no processo de produção dos perfis, a emissão de CO₂ caiu pela metade e a emissão de partículas foi reduzida em mais de 90%. Os dispositivos de filtragem de partículas

2 Revisão Bibliográfica

permitem que estes derivados da produção do aço sejam quase totalmente reciclados. A escória, por exemplo, é empregada como material mineral para construção de estradas, como lastro, e na produção de cimento (AGRELLI, 2003).

A melhoria contínua no processo de produção de perfis inclui ainda uma redução no consumo de água e a reutilização de praticamente todos os gases residuais para produção de energia. Simultaneamente, dentro do canteiro de obras, a maior organização, o menor desperdício de materiais e a menor emissão de partículas fazem com que este modelo de construção seja menos agressivo ao meio ambiente que os modelos tradicionais, o que justifica o maior interesse que este sistema vem despertando no mercado da construção de edifícios (AGRELLI, 2003).

Também, os novos investimentos em aços específicos para a engenharia e arquitetura tem difundido esta tecnologia. Atualmente, são fabricados pelas siderúrgicas aços com maior resistência mecânica, maior resistência à corrosão atmosférica e melhor aderência à pintura (REBELLO, 2005).

Especialmente com o desenvolvimento da tecnologia de construção em aço, fizeram com que a tecnologia do material fosse desenvolvida para a estrutura metálica como uma opção competitiva em relação a outros processos construtivos. E com isto, hoje, a sua aplicação extrapola a utilização em empreendimentos como *shopping centers*, supermercados e escolas, tornando-se atraente também para as construções de baixa renda, de edifícios residenciais de múltiplos andares e andares simples (RAPHAEL, 2010).

Porém, apesar de toda a expansão que este modelo estrutural alcançou no mercado nacional, a produção de edifícios em aço ainda representa uma parcela bastante inferior à produção em concreto armado. Esta realidade se deve a diversas situações, uma delas a “cultura do concreto armado”, consolidada no setor.

A maioria das universidades brasileiras prefere adotar o concreto como a principal matéria na área estrutura, deixando o aço em segunda mão. Deve-se procurar mudar esses conceitos, com a quebra de alguns paradigmas.

Visivelmente, os processos racionais de construção ainda buscam seu espaço, evidentemente com menor resistência do que no final do século XX, uma vez que se tornaram conhecidos e estudados.

A construção civil está com uma demanda de construção de casas e prédios para a renda baixa, como exemplo o ‘Programa Minha Casa Minha Vida’, do governo federal. Com isto, pretende-se racionalizar ao máximo as etapas de construção a partir de componentes industrializados e metálicos, apontando para uma nova concepção de edifícios, casas entre outros, possibilitando assim ganho de qualidade e produtividade.

A utilização do aço como material para construção após o século XIX propôs significativa transformação na sociedade. Sua principal característica é a pré-fabricação, o que resulta em processos bastante industrializados e ocasiona menos perdas e mais produtividade (SAÚDE *et al.*, 2006).

Conforme Pfeil *et al* (2009), as formas mais usuais de metais ferrosos são o aço, o ferro fundido e o ferro forjado, sendo o aço, atualmente, o mais importante dos três. O aço e o ferro fundido são ligas de ferro e carbono com outros elementos de dois tipos: elementos residuais decorrentes do processo de fabricação, com silício, manganês, fósforo e enxofre, e elementos adicionados com o intuito de melhorar as características físicas e mecânicas do material, denominados elementos de liga.

De acordo com Chiaverini (2005), o aço é a liga ferro-carbono em que o teor de carbono varia desde 0,008% até 2,11%. O carbono aumenta a resistência do aço, porém o torna mais frágil. Os aços com baixo teor de carbono têm menor resistência à tração, porém são mais dúcteis. As resistências à ruptura por tração ou compressão dos aços utilizados em estruturas são iguais, variando entre amplos limites, desde 300 Mpa até valores acima de 1200 Mpa, conforme os quadros 2.1 e 2.2, abaixo:

Quadro 2.1: Faixa de variação dos valores médios de E . Fonte: Pfeil *et al* (2009)

Constantes Física dos Aços (faixa normal de temperatura atmosféricas)	
Constante Física	Valor
Módulo de deformação longitudinal, E	200.000-210.000' Mpa
Coefficiente de Poisson, ν	0,3
Coefficiente de dilatação térmica, β	12×10^6 por °C
Massa específica, ρ	7.850 kg/m ³
'Faixa de variação dos valores médios de E : valor adotado pela NBR8800 :: 200.000.Mpa.	

Quadro 2.2: As resistências à ruptura por tração ou compressão dos aços.Fonte: Pfeil *et al*(2009)

Propriedades Mecânicas dos aços Estruturais Padrão ABNT (NBR 8800:2008)

f_u = tensão de ruptura

f_y = tensão de escoamento

Descrição	Classe/grau	f_y (MPa)	f_u (MPa)
1 - Aços para perfis laminados para uso estrutural NBR 7007	MR250	250	400-560
	AR350	350	450
	AR415	415	520
	AR350-COR	350	485
2 - Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural NBR 6648	CG-26	255	410
	CG-28	275	440
3 - Chapas finas de aço-carbono para uso estrutural (a frio/a quente) NBR 6649/ NBR 6650	CF-26	260/260	400/410
	CF-28	280/280	440/440
	CF-30	300	490
4 - Chapas grossas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica NBR 5000	G-30	300	415
	G-35	345	450
	G-42	415	520
	G-45	450	550
5 - Chapas finas de aço de baixa liga e alta Resistência mecânica NBR 5004	F-32/Q-32	310	410
	F-35/Q-35	340	450
	Q-40	380	480
	Q-45	450	550
6 - Chapas grossas de aço de baixa liga, resistência à corrosão atmosférica, para usos estruturais NBR 5008	CGR 400	250	380
	CGR 500 e CGR 500A	370	490
7 - Chapas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica, resistência à corrosão atmosférica, para usos estruturais (a frio/a quente) NBR 5920/ NBR 5921	CFR 400	250	380
	CFR 500	310/370	450/490
8 - Perfil tubular de aço-carbono, formado a frio, com e sem costura, de seção circular, quadrada ou retangular, para usos estruturais NBR 8261	B - seção circular	290	400
	B - seção retangular	317	400
	C - seção circular	317	427
	C - seção retangular	345	427

Desta forma, a opção pelo sistema *steel deck* é uma realidade atual, formado por uma laje composta com uma telha de aço galvanizado, juntamente com uma camada de concreto. O aço de formato trapezoidal é para trabalhar principalmente a tração, que também serve para moldar o concreto e de armadura positiva. Possui nervuras largas e com a utilização de

conectores de cisalhamento (*stud bolt*), permite a interação do concreto, além de permitir uma redução do peso da estrutura, podendo alcançar um vão livre de até 12 metros de comprimento.

A laje mista é resistente devido à continuidade alcançada entre o *deck* e a estrutura de concreto (RACKHAM *et al*, 2009).

Nos estudos realizados sobre o sistema construtivo *steel deck*, a KF Construtora (2013), estabelece que:

O ponto forte desse sistema é a integração das virtudes do aço e do concreto. O *steel deck* consiste na utilização de uma fôrma permanente de aço galvanizado, perfilada e formada a frio. Nesse sistema, o aço trabalha como fôrma para concreto durante a concretagem e como armadura positiva para as cargas de serviço. Para favorecer a aderência do concreto ao aço, são conformadas massas e ranhuras na chapa metálica que servem de superfície de ancoragem. O *steel deck* é composto, ainda, por telas eletrossoldadas, que atuam como armadura negativa e ajudam a prevenir trincas superficiais na laje.

Podendo ser utilizado tanto para estrutura metálica, como em estrutura em concreto, essa solução construtiva é útil em situações onde os vãos variam de 2 a 4 metros de comprimento. Sendo assim, a laje mista dispensa escoramentos, tornando mais rápido o cronograma da construção. Segundo o Portal Metálica (2013), é possível perceber que:

As lajes *steel deck* apresentam bom comportamento em situação de incêndio. A presença da fôrma de aço é suficiente para assegurar a estanqueidade e o isolamento térmico pode ser garantido por uma espessura de concreto adequado sobre as nervuras. A resistência estrutural ao fogo é de no mínimo 30 minutos e, se necessário, pode ser aumentada para até 120 minutos pelo uso de armadura positiva adicional colocada, por exemplo, no interior das nervuras.

O *deck* pode fornecer uma plataforma de trabalho seguro e agir como uma segurança a mais na obra, pois a sua cobertura protege os trabalhadores abaixo da queda de objetos e restos de materiais (RACKHAM *et al*, 2009).

Além disso, permite facilmente a passagem de dutos de instalações hidráulicas, elétricas, etc. Desta forma, favorece também a fixação de forros. Essas vantagens resultam em economia e em um maior retorno financeiro para o cliente, com isso conquistam-se outros espaços no mundo da construção civil. Segundo o Saúde *et al* (2006), o sistema apresenta algumas virtudes como:

Eliminar parcialmente ou totalmente a necessidade de escoramentos para a execução das lajes, o *steel deck* diminui custos (com aluguel, montagem e desmontagem, por exemplo), bem como mão-de-obra. A dispensa do escoramento reflete, ainda, no cronograma da obra, já que permite o trabalho em vários pavimentos simultaneamente e a execução das lajes deixa de estar condicionada ao tempo de endurecimento do piso de concreto.

Feixes de *decks* podem ser posicionados sobre a estrutura por uma grua, em seguida, instalado com as mãos pelos montadores. Utilizando este processo, 400m² de *decks* podem ser instalados por uma equipe em um período de um dia, dependendo da forma e da dificuldade de acesso no edifício (RACKHAM *et al.*, 2009).

Ainda segundo Rackham, a utilização dos *decks* aumenta a velocidade de trabalho e facilita o processo de construção. Os pisos podem ser concretados e preenchidos em uma rápida sucessão. O uso de fibras no concreto armado pode reduzir ainda mais o custo da obra com aço, além de reforçar a estrutura da laje.

Uma das vantagens importantes que esse sistema construtivo proporciona e que pode ser conseguida ainda na fase de projeto, é a economia na perda de materiais, diminuindo o custo da obra. O sistema construtivo *steel deck* durante essa etapa permite uma avaliação correta de todos os materiais que o compõem (aço e concreto). Devem-se consultar vários textos normativos de referência, pois esses sistemas ainda não possuem normas técnicas nacionais.

2.2 HISTÓRIAS DAS LAJES COM O SISTEMA *STEEL DECK* NO BRASIL

No Brasil, a divulgação da tecnologia para projeto e execução de lajes com o sistema *steel deck* iniciou-se em 1996, quando se iniciaram os primeiros testes e pesquisas realizados pela Universidade Federal de Minas Gerais. Foram utilizados mais de 2.700.000 metros quadrados de *steel deck* para edificações industriais e urbanas, pontes, viadutos e obras diversas em abril de 2006 no Brasil, América Latina e África (RAPHAEL, 2010).

Existem vários modelos de perfil *steel deck*, ou seja, diferentes formatos de acordo com as características de cada fabricante. Os *steel deck* são utilizados principalmente para a execução de lajes sobre vigas de aço. Durante a concretagem, os modelos de *steel deck* suportam o concreto fresco e eliminam a necessidade de escoramentos. Após a cura do concreto, os modelos de *steel deck* são incorporados como elementos estruturais das lajes e

substituem as armaduras positivas usualmente utilizadas em lajes de concreto armado. Isso, quando os vãos não ultrapassarem as especificações adotadas pelo seu fabricante; caso seja necessário fugir das especificações adotadas pelo fabricante, tem-se que adotar a armadura principal, que deve ser calculada e dimensionada por um engenheiro civil da área de estruturas.

2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Dentro da NBR 6118:2003, no seu item 14.4, define-se que “as estruturas podem ser idealizadas como a composição de elementos estruturais básicos, classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e sua função estrutural”. Portanto, a estrutura ao ser idealizada passa a apresentar diversos elementos que podem ser caracterizados a partir de sua geometria e carregamentos preponderantes ao qual estão submetidos (FONTES, 2005).

2.3.1 Elementos lineares e elementos de superfície

Os elementos lineares são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal da barra (NBR 6118:2003). Conforme Fontes (2005), a principal característica dos elementos lineares (barras) é ter uma das dimensões bem superiores que as restantes.

Os elementos lineares mais comuns de acordo com sua função estrutural podem ser divididos conforme o quadro abaixo:

Quadro 2.3: Elementos lineares mais comuns. Fonte: Fontes (2005).

Vigas	Onde os efeitos da flexão são preponderantes, normalmente encontrados na horizontal;
Pilares	Elementos de eixo reto, onde as forças normais de compressão são bem preponderantes;
Tirantes	Elementos idênticos aos pilares, entretanto, os esforços normais de tração são preponderantes;
Arcos	Elementos curvos, onde as forças normais de compressão são preponderantes em que agem conjuntamente esforços de flexão.

A NBR 6118/2003 define como elementos em que uma das dimensões é relativamente pequena se comparada às demais. O quadro abaixo mostra os elementos de superfície mais comuns de acordo com sua função estrutural:

Quadro 2.4: Elementos de superfície mais comuns. Fonte: NBR 6118/2003.

Placas	Elementos sujeitos principalmente a esforços normais a seu plano, quando dispostas na horizontal são chamadas de lajes.
Chapas	Elementos sujeitos principalmente a forças contidas no seu plano, quando dispostas na horizontal são denominadas viga-parede e dispostas na vertical são chamados de pilar-parede.
Cascas	Elementos de superfície não planos.

2.4 FATORES QUE PREJUDICAM A PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS EM ESTRUTURA METÁLICA NO MERCADO BRASILEIRO

A escassez de mão de obra na produção em aço exige um preparo da mão de obra diferente da construção em estrutura tradicional. Isto leva a uma menor qualidade e quantidade de mão de obra disponível para a produção em estrutura metálica e a um maior valor quanto à remuneração dos profissionais qualificados (FONTES, 2005).

A maioria das escolas brasileiras de formação profissional de engenharia e de arquitetura dispõe de uma grade curricular baseada no ensino da produção de edifícios em estruturas em concreto armado, não promovendo a disseminação e o entendimento de outros sistemas, como a estrutura em aço (REBELLO, 2007).

Isso leva à formação de profissionais vinculados a um único sistema construtivo, ou seja, inseguros quanto à atuação em outros modelos estruturais. Com isto, o afastamento e a inversão de valores profissionais, principalmente nos últimos vinte anos, por parte de arquitetos e engenheiros, diminuiu substancialmente o trabalho de equipes multidisciplinares formadas por estes dois agentes. Deste modo, contribui-se para inibição do desenvolvimento de sistemas que exigem a formação de uma equipe multidisciplinar, como é o caso das construções em aço.

3LEGISLAÇÃOSTEEL DECK

O *steel deck* ainda não possui normas técnicas nacionais, mas há vários textos normativos que servem de referência aos projetistas. Entre eles, a NBR 6118 (Projeto de Estrutura de Concreto - Procedimento), a NBR 8800 (Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios), a NBR 10735 (Chapas de Aço de Alta Resistência Mecânica Zincadas) e a NBR 14323 (Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio - Procedimentos).

Outras normas internacionais, como as da ASTM (*American Society for Testing and Materials*), também podem servir de referência aos profissionais.

4 INOVAÇÃO E SISTEMAS CONSTRUTIVOS *STEEL DECK* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 *STEEL DECK*

É uma fôrma de aço estrutural formada a frio que tem como funções básicas atuar como fôrma de sustentação para o concreto fresco, suportando todo o carregamento durante a etapa de construção e incorporar-se estruturalmente à laje, atuando como armadura positiva, para suportar as cargas impostas à estrutura durante seu período de vida útil.

Todo modelo de *steel deck* foi desenvolvido para classificação *widerib*. As seções transversais possuem nervuras largas o suficiente para possibilitar a solda de conectores de cisalhamento, dentro das ondas e através do *steel deck*, na mesa superior das vigas (por exemplo: conector de cisalhamento – *stud bolt*). Desta forma o *steel deck* permite o dimensionamento e posterior comportamento das vigas de aço como “vigas mistas”.

O *steel deck* é usualmente disponibilizado em aço galvanizado, tipo ZAR-280 (ASTM A-653gr.40), com limite de escoamento 280 Mpa e galvanização tipo Z-275 (275 g/m²). O material é fornecido em espessuras nominais de 0,80mm, 0,95mm e 1,25mm, com larguras úteis padronizadas (915 mm para MF-50 e 820 mm para MF-75) e comprimentos limitados a 12m, devido ao transporte. Espessuras variam de acordo com cada fabricante e os comprimentos, de acordo com os projetos específicos.

4.2 *STEEL DECK* E SUAS FUNÇÕES ESTRUTURAIS

O *steel deck* ou *decks* de aço tem duas principais funções estruturais:

1. Durante a concretagem, o *deck* suporta o peso do concreto molhado e reforço, juntamente com as cargas temporárias associadas com o processo de construção devido ao cisalhamento e intertravamento mecânico entre o concreto e os *decks*. Isto é realizado pelos relevos formados na superfície do *deck*, ou seja, as mossas que são feitas em toda a sua superfície servem para unir o aço com o concreto, evitando que eles acabem cisalhando. As mossas dos *decks* são semelhantes às deformações formadas em vergalhões utilizados em uma laje de concreto armado convencional e por quaisquer partes reentrantes do perfil de pavimento (que impedem a separação do aço com o concreto).

2. O *steel deck* pode também ser utilizado para estabilizar as vigas laterais contra torção e flambagem durante a construção e para estabilizar o edifício como um todo, agindo como um diafragma para transferir as cargas de vento para as paredes e as colunas onde está projetado para fazê-lo e, em particular, onde existem fixações adequadas. O concreto, em conjunto com as fibras sintéticas colocadas dentro da laje, também ajuda a controlar a fissuração do concreto causada por efeitos de encolhimento.

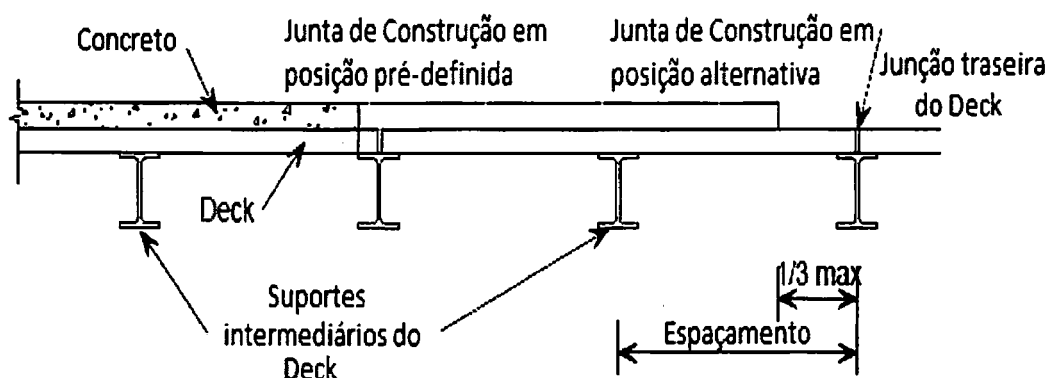


Fig. 4.1: Posições recomendadas para juntas de construção na laje de concreto. Fonte: Rackham *et al* (2009)

4.3 VANTAGENS DO *STEEL DECK*

As vantagens do *steel deck* em relação aos sistemas alternativos consistem principalmente nos seguintes aspectos: a utilização de vigas mistas, com consequente economia por redução de peso dos perfis de apoio e por ser um perfil leve com aproximadamente 8,5kg/m² a 14,5kg/m², possibilitando fácil manuseio e ágil instalação. Como resultado, há simplificação e redução dos trabalhos no canteiro de obras, devido à facilidade de instalação e maior rapidez construtiva.

Usualmente, não necessita ser escorado durante a concretagem. Por eliminar ou reduzir a armadura positiva, são excluídos os prazos gastos com montagem de escoramentos e desforma. Além disso, durante a montagem, o *steel deck* transforma-se em plataforma de trabalho nos andares superiores e em proteção aos operários em serviço nos andares inferiores.

A construção que utiliza o sistema construtivo em *deck* pode diminuir o peso das lajes, com isso podem-se construir fundações rasas ou até mesmo fundações mais simples. Tudo

isso proporciona uma grande economia no orçamento final da obra (RACKHAM *et al.*, 2009).

Ainda segundo Rackham, o *steel deck* é leve e é entregue em comprimentos pré-cortados que são hermeticamente embalados em feixes. Tipicamente, um caminhão pode transportar mais de 1000m de *decks*. Portanto, um número mais reduzido de fornecimentos é necessário quando comparado a outras formas de construção.

Esse sistema permite uma maior velocidade no processo de concretagem, permitindo que vários pavimentos sejam executados simultaneamente. Há praticidade de execução, uma vez que a forma fica incorporada ao sistema, não havendo etapa de desforma.

Além disso, são fornecidos todos os arremates de acabamento para vedação e o sistema possibilita a instalação de conectores *stud-bolts* para dimensionamento de vigas mistas, resultando em economia na estrutura metálica.

Ao ser fixado na estrutura, o *steel deck* tem a função de um diafragma horizontal, travando a estrutura e acrescentando mais segurança ao trabalho durante a construção do edifício, facilitando a armadura de tração para os momentos fletores positivos.

Com isto, o *steel deck* permite uma fácil execução dos sistemas elétrico, hidráulico e de sistemas de climatização, além de facilitar a fixação de forros suspensos, devido as suas diversas formas geométricas de diferentes formatos.

As figuras abaixo mostram a disposição dos componentes no conjunto *steel deck*:

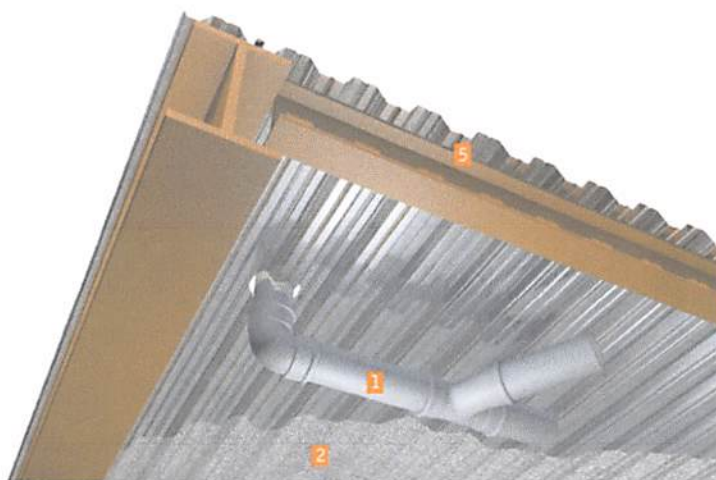
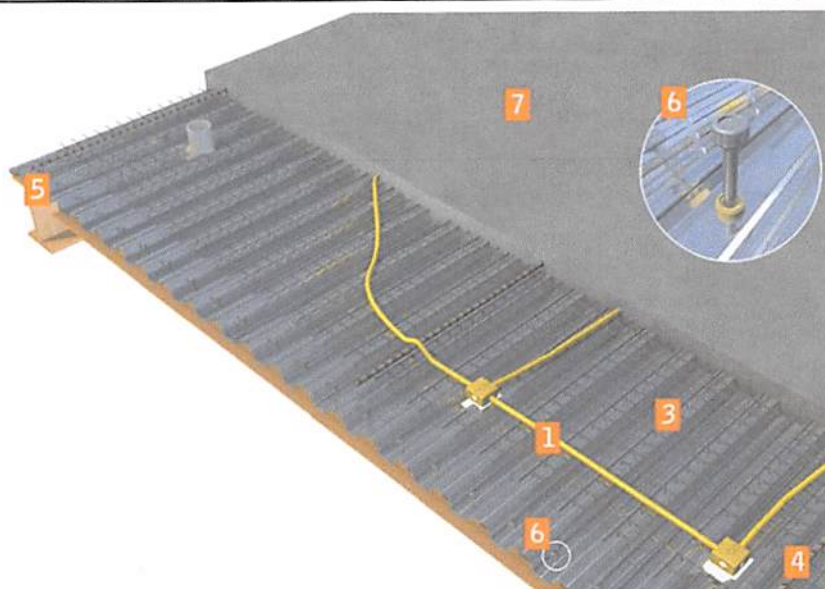


Fig. 4.2: O conjunto *steel deck* e seus componentes-Parte 1. Vasconcellos *et al* (2003)

Fig. 4.3: O conjunto *steel deck* e seus componentes-Parte 2. Vasconcellos *et al* (2003)

No quadro abaixo, são discriminados todos os componentes do conjunto *steel deck* ilustrados nas figuras 4.2 e 4.3:

Quadro 4.1: Legenda do conjunto do *steel deck*. Fonte: Vasconcellos *et al* (2003).

Número	Classificação
1	Instalações – Devido às dimensões reduzidas, instalações elétricas e instalações hidráulicas podem ser embutidas nos vãos da laje. Outras instalações maiores devem ser conduzidas por shafts.
2	Segurança ao fogo - Revestimento de proteção contra incêndio - a chamada proteção passiva - deve ser aplicado na face inferior da laje. Entre as opções estão argamassa cimentícia projetada, gesso, lãs de vidro e rocha e tintas intumescentes.
3	Malha metálica - Deve ser colocada 20 mm abaixo da superfície do concreto para combater os efeitos da retração durante a cura. Atua também na distribuição de esforços, evitando fissuração.
4	Armadura adicional - Armaduras de reforço são barras de aço colocadas na parte inferior dos canais da fôrma de aço trapezoidal, paralelas à maior dimensão da fôrma e a 20 mm de altura em relação à fôrma. Têm a função de aumentar a resistência estrutural para sobrecargas e vãos maiores.
5	Fixação -Os painéis do <i>steel deck</i> devem ser fixados às vigas de aço por meio de pontos de solda.
6	Junção de chapas - Podem ser usados pinos com cabeça (<i>stud bolt</i>) ou perfis "U" laminados. Ambos fazem a ligação entre as chapas metálicas e a laje de concreto, absorvendo esforços de cisalhamento longitudinais e impedindo o afastamento vertical entre a laje e a viga.
7	Concreto - A concretagem é realizada de forma tradicional. O sentido de lançamento deve ser sempre paralelo às nervuras das chapas de <i>steel deck</i> , de um apoio ao outro.

Para lajes com *steel deck* em situações de incêndio, não é necessário o uso de material para proteção térmica superficial das lajes. As lajes podem ser especificadas com armaduras adicionais, dimensionadas de acordo com tabelas disponibilizadas pelos fabricantes e calculadas de acordo com as exigências da NBR 14323.

Todas as vantagens descritas podem ser traduzidas em uma grande economia na construção, com uma redução significativa no prazo de execução, nos desperdícios de materiais (resíduos de obra) e no custo com mão de obra no canteiro. Logo, o retorno financeiro do empreendimento será bem favorável aos que adotarem o sistema de maneira correta e segura. O sistema ainda não é relativamente pouco utilizado no Brasil, mas espera-se que em breve irá ganhar mais espaço no mercado nacional.

4.4 LIMITAÇÕES DO *STEEL DECK*

Apesar das muitas vantagens oferecidas por esse sistema construtivo, a utilização de lajes *steel deck* também apresenta algumas limitações.

A mais relevante sem dúvida se refere ao alto custo dessa tecnologia em comparação aos sistemas de laje convencional.

Outro entrave é a necessidade de se utilizar forros suspensos na busca por uma estética mais atraente.

Além disso, caso seja necessário utilizar o sistema de escoramento e/ou fôrmas de grande altura devido às limitações dos vãos antes da cura do concreto, haverá a necessidade de se utilizar uma maior quantidade de vigas secundárias.

Portanto, ao escolher esse tipo de sistema construtivo, deve-se atentar para essas limitações.

5 ONDE ENCONTRARO PERFIL *STEEL DECK*

5.1 ALGUMAS INDÚSTRIAS QUE FABRICAM O PERFIL *STEEL DECK*

- Codeme Construções de Aço em Betim/MG e Taubaté/SP;
- Kofar Indústria e Comércio em Barueri/SP;
- MBP Metalúrgica Barra do Pirai em Barra do Pirai/RJ;
- Metform S.A em Betim/MG e Taubaté/SP.

5.2 MATERIAIS ADOTADOS E CRITÉRIOS DE CÁLCULO: LAJES COM *STEEL DECK* METFORM:

A Metform é uma indústria fabricante de produtos de aço para construção civil, com fábricas em Betim/MG e em Taubaté/SP. A empresa se destaca no mercado de produtos de aço para a construção por apresentar uma completa linha de produtos, entre eles, as lajes *steel deck*.

Abaixo, apresenta-se um modelo *steel deck* fabricado pela empresa Metform:

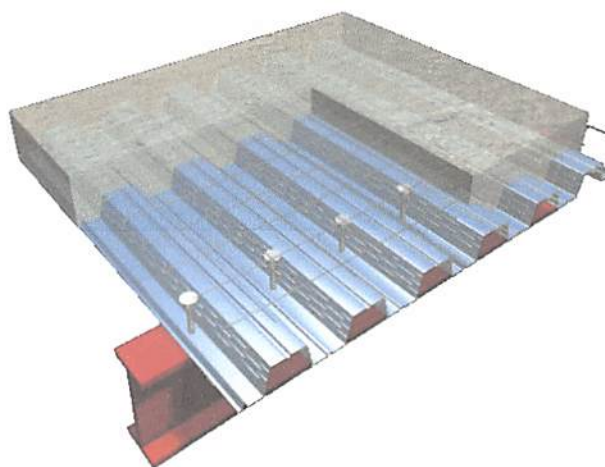


Fig. 5.1: Perfil *steel deck* fabricado pela empresa Metform. Fonte: Metform (2013).

Os materiais utilizados como componentes de lajes mistas é a fôrma de aço incorporada, usualmente designada *steel deck*, o concreto estrutural e uma armadura em tela soldada, utilizada para controle de fissuração, de retração e de temperatura. Segundo o manual de especificações técnicas sobre os perfis *steel deck* fabricados pela Metform, constam as seguintes informações:

- *Steel deck*:

Os modelos MF-50 e/ou MF-75 são formados a frio a partir de bobinas de aço especial ZAR-280 (figura 5.2), com galvanização mínima Z-275 e limite de escoamento maior ou igual a 280MPa. Durante a etapa de construção, o *steel deck* assume a função de fôrma (autoportante) para a concretagem. Posteriormente, após acura do concreto, substitui a armadura de tração para momentos fletores positivos. Usualmente, são utilizadas espessuras nominais 0,80mm, 0,95mm e 1,25mm, variando de acordo com o fabricante.

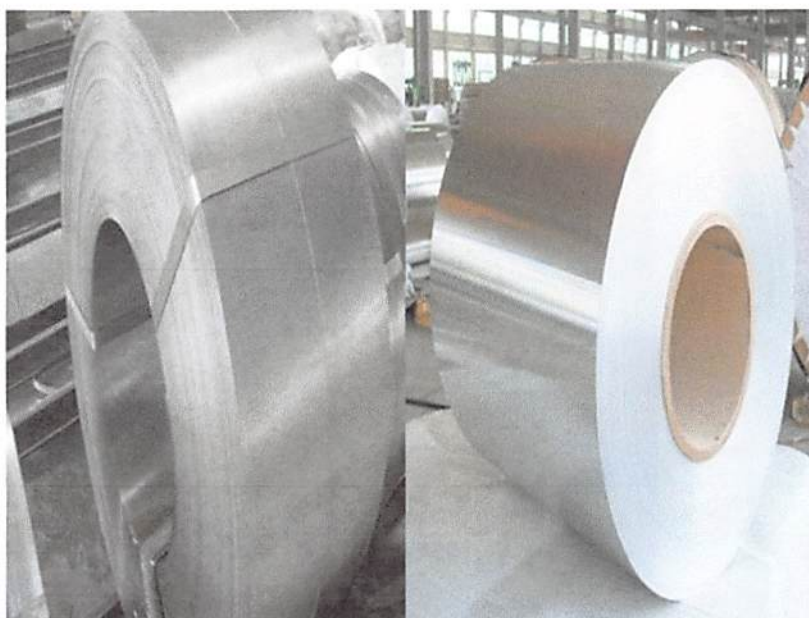


Fig. 5.2: Bobinas de aço para fabricação do *steel deck*. Fonte: O autor (2013)

Posteriormente, a máquina *sliter* é utilizada para recortar as bobinas de acordo com a especificação do *steel deck*. A máquina perfiladeira, por sua vez, serve para perfilar a bobina que foi recortada, chegando à sua forma geométrica. As figuras a seguir representam essas máquinas:



Fig. 5.3: Máquinas de corte (*sliter*)

Fonte: Zhongyuanforming.com (2013)



Fig. 5.4: Máquina de perfilar

Fonte: Zhongyuanforming.com (2013)

- Concreto:

Deverá sempre ser adotado concreto estrutural convencional (densidade 24kN/m³), com resistência característica à compressão, f_{ck} maior ou igual a 20MPa. Mediante aprovação do departamento técnico envolvido na obra, poderá ser utilizado concreto leve de densidade mínima 18kN/m³. Em qualquer caso, aditivos à base de cloretos não devem ser utilizados por agredirem o revestimento (galvanização Z-275) do *steel deck*.

- Armadura de fissuração:

São utilizadas telas soldadas ou malhas de barras trefiladas, em aço com limite de escoamento 500MPa ou 600MPa. Essa armadura tem a função de evitar fissuras oriundas da retração e variação térmica do concreto e deverá estar localizada sempre no topo da laje, com cobrimento mínimo 20mm.

De acordo com especificações da NBR 14323, a armadura de fissuração deverá possuir área de seção, em ambas as direções, superior a 0,10% da área de capeamento de concreto acima do *steel deck* (em situações em que a abertura das fissuras deva ter um controle mais rigoroso, em função das características do ambiente em que as lajes estejam inseridas, a área de capeamento citada acima deve ser aumentada).

Conforme o quadro 5.1, que define as cargas sobrepostas máximas do *steel deck* MF-75 e orientações que constam no manual, é permitido considerar a armadura de fissuração para:

- Verificações de balanços, cargas concentradas e/ou aumento da capacidade de carga das lajes, em temperatura ambiente, desde que a armadura adotada atenda às verificações e especificações da NBR 6118;
- Suportar todo o carregamento de serviço em eventual situação de incêndio, desde que atendam aos critérios da NBR 14323.
- Além da armadura de fissuração, deverão sempre ser adotadas "armaduras adicionais" em junção de vigas e contorno de pilares para evitar possíveis fissuras por rotação das vigas de aço e tendência de continuidade da laje sobre os apoios.

O quadro abaixo define as cargas sobrepostas máximas do *steel deck* MF-75:

Quadro 5.1: Tabela de Cargas Sobrepostas Máximas (kN/m²). Fonte: Metform(2013)

$f_y = 280 \text{ MPa}$

Espes- sura (mm)	Vãos Máximos Sem Escoramento				Peso Mom.		Vãos da Laje Mista (mm)																
	Simplex (mm)	Duplo (mm)	Tripto (mm)	Balanço (mm)	Próprio (kNm ²)	Inércia (10 ⁸ mm ⁴)	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	
																							Carga Sobreposta Máxima (kN / m ²)
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	
140																							
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	4,07	4,48	3,93	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	4,93	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	12,82	11,75	10,78	9,91	9,13	8,09	7,18	6,15	5,07	4,19	
160																							
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	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	4,58	
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	5,82	4,98	4,28	3,43	2,58	1,88	
0,95	2.350	3.200	3.300	1.250	3,23	24,44	20,00	18,22	16,38	14,72	13,28	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	3,28	27,24	20,00	20,00	20,00	18,94	18,14	16,54	15,12	13,86	12,72	11,70	10,78	9,55	8,49	7,27	6,00	4,86	
180																							
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	6,28	5,37	4,50	3,70	2,78	2,03	
0,95	2.200	3.100	3.200	1.200	3,48	28,84	20,00	19,61	17,60	15,84	14,30	12,94	11,74	10,68	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	19,51	17,80	16,28	14,92	13,70	12,60	11,60	10,28	9,14	7,83	6,47	5,35	
190																							
0,80	1.450	2.650	2.750	1.000	3,68	31,92	19,83	17,47	15,80	13,98	12,53	11,26	10,14	9,14	8,24	7,44	6,71	5,75	4,91	3,98	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	
200																							
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	

5.3 MATERIAIS ADOTADOS E CRITÉRIOS DE CÁLCULO: LAJES COM *STEEL DECK* MBP M75/795 – FALCÃO BAUER

A MBP – Metalúrgica Barra do Pirai, localizada no Estado do Rio de Janeiro, é uma empresa que trabalha com coberturas e fechamentos e também fabrica o perfil *steel deck*.

O *steel deck* MBP-75/795 é a forma de aço colaborante da MBP, que se porta como fôrma para o concreto durante a construção e como armadura positiva de lajes para as cargas de serviço. Trata-se de um perfil conformado a frio com uma largura útil de 795mm e altura de 75mm. Sua geometria diferenciada com reforços em todas as regiões de trapézio, aliado à disposição das mossas, resulta em alta performance e capacidade de vão mais eficiente do mercado. É fabricado com aço especial ZAR 280 Galvanizado Z275, nas espessuras 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm, com comprimentos de até 12m atendendo o dimensionamento determinado pelo projeto.

Foram realizados no Laboratório de Construção Civil da Falcão Bauer os ensaios em amostras fornecidas pela MBP, para caracterização da conexão de interface entre o aço e o concreto da laje mista, de acordo com as suas especificações técnicas e em atendimento às normatizações da ABNT.

O *steel deck* MBP-75/795 geralmente é fabricado com uma largura útil de 795mm e altura de 75mm. Sua geometria diferenciada com reforços em todas as regiões de trapézio, aliado à disposição das mossas, resulta em alta performance e capacidade de vão mais eficiente do mercado.

Abaixo, apresentam-se imagens de *steel deck* fabricados pela Metalúrgica Barra do Pirai, modelo MBP 75/795:

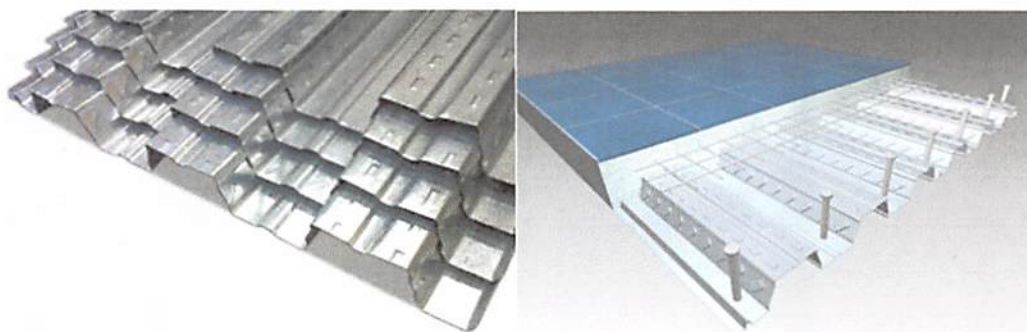


Fig 5.5: *Steel deck* MBP-75/795. Fonte: MBP (2013)

5.3.1 Propriedades físicas

A empresa MBP, em seu manual sobre o *Steel Deck* Bauer, estabelece suas propriedades físicas no quadro abaixo:

Quadro 5.2: Propriedades físicas - *Steel Deck* BAUER. Fonte: MBP (2013)

Espessura Nominal (mm)	Espessura Cálculo (mm)	Altura Total da Seção (mm)	Peso (kg/m³)	Máx. Reações nos Apoios		Módulo Resist. Elástica		Inércia para Deformação		Área Aço (mm²)
				Externo (65mm)	Interno (130mm)	Comp. Superior (mm³)	Comp. Inferior (mm³)	Comp. Superior (mm⁴)	Comp. Inferior (mm⁴)	
0,80	0,76	71,67	9,66	8,3kN/m	20,3kN/m	23.557	22.735	940.415	942.673	912
0,95	0,91	71,82	11,41	11,8kN/m	28,3kN/m	29.158	28.579	1.168.409	1.168.038	1.092
1,25	1,21	72,12	15,09	20,6kN/m	46,5kN/m	41.703	40.435	1.567.516	1.567.516	1.452

6 PROCESSOS DE DIMENSIONAMENTO

O *steel deck* também pode ser considerado como uma forma de aço colaborante, que se porta como sustentação para o concreto durante a construção e como armadura positiva de lajes para as cargas de serviço.

Em geral, os fornecedores de fôrmas para lajes *steel deck* incluem tabelas de consumo de concreto por metro quadrado - considerando diversas espessuras de laje - em seus manuais de dimensionamento.

Sua geometria diferenciada com reforços em todas as regiões de trapézio, aliado à disposição das mossas, resulta em alta performance e capacidade de vão mais eficiente do mercado. É fabricado com aço especial ZAR 280 galvanizado Z275, nas espessuras 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm, com comprimentos de até 12m atendendo o dimensionamento determinado pelo projeto. Pode ser fornecido com pintura eletrostática a pó na face inferior, proporcionando um excelente acabamento para laje (RAPHAEL, 2010).

A norma NBR 14323 se aplica a edifícios destinados à habitação, aos usos comercial e industrial e a edifícios públicos, cujas estruturas tenham sido dimensionadas à temperatura ambiente de acordo com as normas brasileiras aplicáveis.

A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

- NBR 5628:1980 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio;
- NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento;
- NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento;
- NBR 7808:1983 - Símbolos gráficos para projetos de estruturas – Simbologia;
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento;
- NBR 8800:2004 - Projeto e execução de estruturas de aço e estruturas mistas aço-concreto de edifícios – Procedimento;
- NBR 14432:2000 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento;
- NBR 14762:2001 - Dimensionamento de estruturas de aço constituído por perfis formados a frio – Procedimento.

6.1 CARGAS DURANTE CONSTRUÇÃO E CARGAS DE SERVIÇO

O dimensionamento do *steel deck* deverá ser sempre realizado em duas fases, correspondentes às funções de fôrma para a concretagem (durante a construção) e de armadura positivadas lajes (após a cura do concreto).

A primeira fase corresponde à verificação do vão máximo sem escoramento, que poderá ser adotado para o *steel deck* de forma a eliminar a necessidade de escoramentos durante a etapa de construção da laje (montagem e concretagem). Algumas empresas disponibilizam tabela de cargas com “vãos máximos sem escoramentos” para *steel deck* MF-50 e MF-75.

Estas tabelas foram elaboradas conforme os seguintes critérios de carregamento de construção (NBR 14432):

- Carregamento 1: Peso próprio do *steel deck*;
- Carregamento 2: Peso próprio do concreto fresco antes da cura, com densidade 2.400kg/m^3 ;
- Carregamento 3: Sobrecarga de construção, considerada como o mais nocivo dos seguintes casos:
 - Carga uniformemente distribuída de 1kN/m^2 ;
 - Somente para verificação do efeito de flexão, carga linear de $2,2\text{ kN/m}^2$ perpendicular às nervuras do *steel deck*, posicionada sempre na posição mais desfavorável.

Os vãos máximos sem escoras, as cargas e a suas geometrias, geralmente são encontrados nas tabelas e manuais de cada fabricante correspondentes. Estes valores foram obtidos considerando-se a atuação de carregamentos anteriormente, com alguns exemplos e testes, chegaram à possibilidade de dar continuidade para o *steel deck* sobre as vigas de apoio (formando vãos duplos, triplos ou até mais vãos).

Em qualquer caso de aplicação, após a cura do concreto, todo *steel deck* disponibilizado deverá ser dimensionado para trabalhar como armadura positiva e resistir apenas às tensões de tração nas regiões de momentos positivos. Caso fuja desse conceito, deve-se procurar um profissional da área, para fazer o redimensionamento da laje, evitando danos posteriormente.

6.2 LAJES MISTAS COM ARMADURA DE REFORÇO

Em regiões em que o carregamento atuante (distribuído ou concentrado) ultrapasse os valores apresentados na tabela de cargas, a laje mista deverá ser dimensionada com continuidade estrutural e com armaduras adicionais de reforço para garantir que a laje atinja a capacidade de carga necessária.

No que se referem aos valores de resistência à flexão (para momentos positivos ou negativos) de seções armadas, com armaduras adicionais de reforço e geometria dos modelos de *steel deck*, são indicadas seções com armaduras positivas, dentro das ondas baixas (geralmente adotadas em tramos externos) e com de armaduras negativas, no capeamento de concreto (adotada em tramos internos).

Para as armaduras positivas, foram consideradas barras trefiladas em aço CA-50 (limite de escoamento 500MPa), posicionadas no centro das nervuras do *steel deck*. Para as armaduras negativas, foram consideradas telas soldadas em aço CA-60 (limite de escoamento 600MPa), posicionadas a 20mm do topo de concreto. Em todas as tabelas foi considerado concreto estrutural com resistência à compressão f_{ck} igual a 20MPa.

Com relação às resistências a flexão em kN.m para faixas de um metro de largura de laje, todos os valores foram obtidos de acordo com as especificações da NBR 6118. Os valores tabelados correspondem às resistências nominais (M_n), já divididas pelo coeficiente de majoração (igual a 1,4), portanto, poderão ser utilizadas cargas nominais para determinar os esforços solicitantes que serão comparados com os valores de resistência tabelados.

6.3 FORMAS DE ABERTURAS EM LAJES COM *STEEL DECK*

Geralmente, aberturas em lajes são executadas após a concretagem. Durante a concretagem, deverão ser feitos nichos (utilizando-se madeira, chapas de aço de pequena espessura ou isopor) que isolem o concreto do *steel deck*. O *steel deck* deverá ser cortado somente depois que a resistência à compressão do concreto atinja 75% do f_{ck} de projeto.

Após a concretagem, deverão ser evitadas aberturas de furos cujo processo provoque uma vibração excessiva que venha a prejudicar a superfície de contato concreto/*steel deck*. Essas aberturas classificam-se em pequenas ou grandes.

As aberturas pequenas são aqueles cuja maior dimensão não ultrapasse 200mm. Para estas aberturas, não é necessária a consideração de algum reforço para a laje mista. Estas aberturas podem ser realizadas após a concretagem do piso, através de máquinas perfuradoras com coroas diamantadas. A distância mínima entre os centros dos furos deverá ser de duas vezes o diâmetro perfurado. Nas regiões em que o concreto perfurado participe da largura efetiva de vigas mistas, esta distância mínima deverá ser aumentada para cinco vezes o diâmetro da abertura.

As aberturas grandes são as aberturas em que uma das dimensões ultrapasse o valor de 200mm. Nestes casos, armaduras de reforço longitudinais e transversais deverão ser colocadas na região.

A armadura longitudinal deve ser posicionada dentro dos canais do *steel deck* na região adjacente ao furo. A resistência desta armadura deve corresponder à resistência da área de aço da chapa do *steel deck* que foi retirada na execução da abertura (RAPHAEL, 2010).

A armadura transversal corresponde à armadura de distribuição de lajes convencionais armadas em uma só direção. Deve ser posicionada perpendicularmente aos canais do *steel deck*, podendo apoiar-se diretamente sobre o flange superior do mesmo. Esta armadura deve prolongar-se por no mínimo dois canais do *steel deck*, além da largura da abertura. A armadura transversal pode ser considerada como no mínimo 20% da armadura longitudinal, distribuída em no mínimo três barras, cujo espaçamento seja inferior a 300mm.

6.4 DIMENSIONAMENTO DO *STEEL DECK* MF-75

Para se compreender o processo de dimensionamento do *steel deck* de maneira prática, será apresentado a seguir o dimensionamento do *steel deck* modelo MF-45, fabricado pela empresa Metform.

A figura 6.1 mostra as dimensões do *steel deck* MF-45:

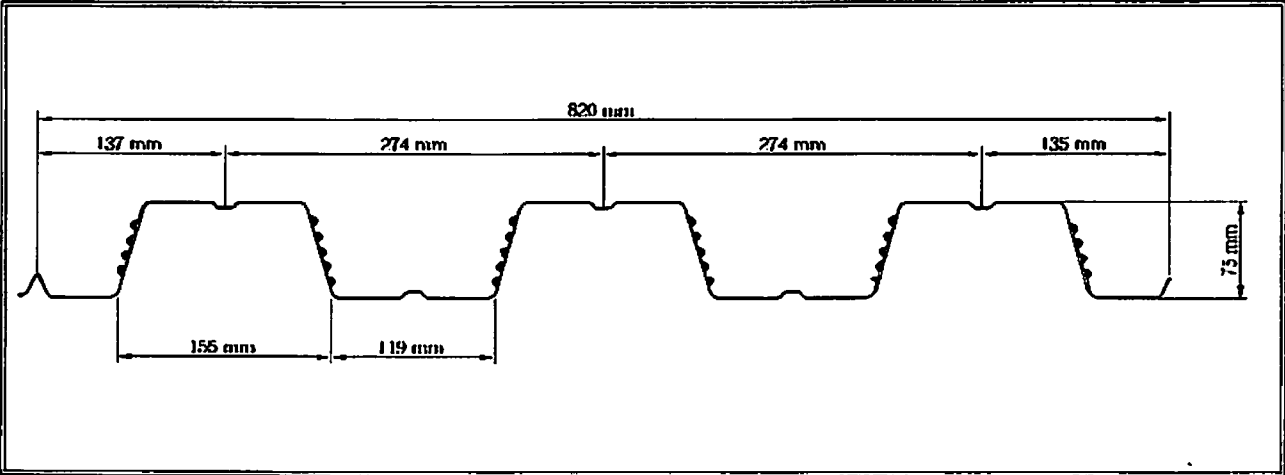


Fig. 6.1: Dimensões do steel deck MF-75. Fonte:Metform (2013)

As propriedades físicas do steel deck MF-75 são apresentadas abaixo:

Quadro 6.1: Propriedades físicas do steel deck MF-75. Fonte: Metform (2013)

Esp. Final	Esp. Projeto	Altura Total	Peso	Reações Máximas De Apoio		Módulo de Resistência	Inércia p/ Deformação	Área de Aço	Centro De Gravidade
				Externo	Interno				
mm	mm	mm	kg/m ²	kN	kN	mm ³	mm ⁴	mm ²	mm
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	8,90	29,70	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 1000 mm									
Material: Aço ASTM A-653 Grau 40 (ZAR 280), Tensão de Escoamento: 280 MPa									

Os materiais utilizados na fabricação do modelo MF-75, conforme já citado no capítulo 5, de maneira sucinta são: *steel deck*, concreto e armaduras adicionais.

No que se refere ao consumo de concreto de acordo com o tipo de armadura para retração, em tela soldada, a Metform expressa suas especificações no quadro abaixo:

Quadro 6.2: Consumo de Concreto -tipo de armadura para retração. Fonte: Metform (2013)

Altura Total da Laje (mm)	Consumo de Concreto (m ³ /m ²)	Tipo de armadura para retração, em tela soldada		
		Denominação	Composição	Peso(kg/m²)
130	0,0925	Q -75	□3,8x□3,8 – 150x150	1,21
140	0,1025	Q -75	□3,8x□3,8 – 150x150	1,21
150	0,1125	Q -75	□3,8x□3,8 – 150x150	1,21
160	0,1225	Q -92	□4,2x□4,2 – 150x150	1,48
170	0,1325	Q - 113	□3,8x□3,8 – 100x100	1,80
180	0,1425	Q - 113	□3,8x□3,8 – 100x100	1,80
190	0,1525	Q - 138	□4,2x□4,2 – 100x100	2,20
200	0,1625	Q - 138	□4,2x□4,2 – 100x100	2,20

Exemplo de Utilização da Tabela

Por exemplo, suponha que seja necessário projetar-se uma laje de piso, apoiada em vigas de aço e submetida a vãos múltiplos de 2.800 mm. As cargas de serviço a atuarem nesta laje serão: 1 kN/m^2 de revestimento e 4 kN/m^2 de sobrecarga.

Será feita a verificação para uma laje com 140 mm de altura total de concreto (75 mm do *Steel Deck* e 65 mm de cobrimento) e com o *Steel Deck* MF-75 de espessura 0,80 mm. Para esta laje, não há necessidade de utilização de escoramento. Isto porque o vão de 2.800 mm é inferior aos vãos máximos sem escoramento (para vãos duplos e triplos) relacionados na Tabela de Cargas.

Após a cura do concreto, a carga sobreposta total a atuar na laje mista será: $w_d = 1 + 4 = 5 \text{ kN/m}^2$. De acordo com a Tabela de Cargas, para a laje adotada com um vão de 2.800 a resistência da laje mista é: $w_n = 5,51 \text{ kN/m}^2$. $w_n > w_d$. A laje adotada resiste às cargas de serviço!

Observações:

- Norma utilizada: A tabela de cargas foi elaborada seguindo as prescrições do anexo C da norma NBR-14323
- Peso próprio: O peso próprio da laje foi determinado considerando-se concretos de densidade normal (2.400 kg/m^3). Entretanto, para a soma das cargas sobrepostas atuantes na laje, o valor do peso próprio da mesma não precisa ser computado. Para lajes com *steel deck* MF-75 devem ser utilizados concretos com resistência mínima à compressão $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$.
- Armaduras adicionais: Deverá ser especificada uma armadura nas duas direções, a fim de evitar possíveis fissuras devido à retração ou a variações de temperatura do concreto. Além da armadura de retração, deverão ser previstas armaduras localizadas (acima de vigas principais, no contorno de pilares, etc.) para evitar possíveis fissuras devido à tendência de continuidade da laje sobre os apoios.
- Escoramento: Caso o vão utilizado seja superior ao vão máximo sem escoramento indicado na tabela de cargas, a laje deverá ser escorada durante a concretagem.
- Largura de apoio: A largura mínima do apoio do *steel deck* sobre as vigas de aço deve ser 75 mm para apoios externos e 150 mm para apoios internos.

- Lajes de piso: Para lajes de piso, recomenda-se que a altura total de concreto seja maior ou igual a 140mm.

- Cargas pontuais ou lineares: A tabela de cargas foi elaborada para cargas uniformemente distribuídas na superfície da laje. Caso existam cargas lineares ou pontuais aplicadas diretamente na laje, o departamento técnico da Metform deverá ser consultado.

- Situações de incêndio: Os valores indicados na tabela de cargas correspondem aos carregamentos que podem ser aplicados em temperatura ambiente, ou em situações de incêndio com tempos de atuação de até 30 minutos. Para situações de incêndio com tempos de atuação superiores a 30 minutos a norma *NBR-14323* deverá ser consultada, para que as armaduras adicionais sejam consideradas na resistência nominal das lajes.

A Metform dispõe de um manual técnico de dimensionamento e utilização do *steel deck* MF-75. Neste manual, encontram-se informações detalhadas das lajes sobre: cargas concentradas, armaduras adicionais, verificações em situação de incêndio e instruções sobre o manuseio e a montagem dos materiais na obra.

7 PROCESSOS CONSTRUTIVOS

A evolução dos processos construtivos através da colaboração do aço otimiza os prazos, proporcionando soluções técnicas mais eficazes e com isto racionalizando e modulando o projeto e a obra.

Na construção civil, a industrialização dos canteiros de obra é cada vez maior, principalmente com a utilização de estruturas metálicas e mistas.

Desta forma, com a utilização de lajes racionalizadas e com o uso de *steel deck* neste contexto, conseguem-se diversos benefícios. Contudo, infelizmente, os sistemas industrializados como este ainda sofrem com a escassez de estudos, principalmente sobre suas aplicações e montagem.

Nos empreendimentos da construção civil, em sua grande maioria, o planejamento da obra toma por base a arquitetura, as fundações, as instalações e etc., que nem sempre são sistematizados.

A laje *steel deck* possui sua resistência calculada para suportar seu próprio peso e o do concreto antes da cura, quando as recomendações são seguidas criteriosamente.

Para se entender a finalidade de um projeto de produção, é necessário compreender a diferença entre dois possíveis conceitos de projeto. No primeiro conceito, temos o projeto como produto, resultado de elementos gráficos e descritivos, organizados de forma lógica e racional e de caráter estático. No segundo conceito, o projeto assume caráter dinâmico no sentido de processo, onde soluções são estudadas e compatibilizadas (NOVAES, 2001).

Nas duas situações, o projeto se destina a antecipar as necessidades de etapas subsequentes do processo de produção, como suprimentos, execução, uso e manutenção. Dentro dos processos construtivos, os projetos reúnem informações tecnológicas através das soluções apresentadas nos detalhamentos e informações gerenciais, que possibilitam tomadas de decisões no planejamento da produção.

Desta maneira, Novaes (2001) afirma que a não associação dos aspectos de produção da edificação ao processo de elaboração do projeto, ocasiona omissões ou superficialidade no detalhamento dos projetos e sua baixa construtibilidade.

Consequentemente, ao se deparar com a incompatibilidade entre sistemas ou componentes construtivos, o construtor ou responsável pela obra será obrigado a tomar decisões de curtíssimo prazo para solucionar a questão.

Para evitar este tipo de situação que pode causar prejuízos que afetam desde o cronograma financeiro até a estética do empreendimento, tem sido adotados mecanismos para melhorias na qualidade do projeto-processo, o que implica na previsão e solução de todas as interferências e interfaces entre os componentes do sistema construtivo adotado.

7.1 ETAPAS DOS PROCESSOS CONTRUTIVOS DA LAJE STEEL DECK

Podemos exemplificar com o fluxo de comunicação do projeto-produto, conforme ilustrado abaixo:

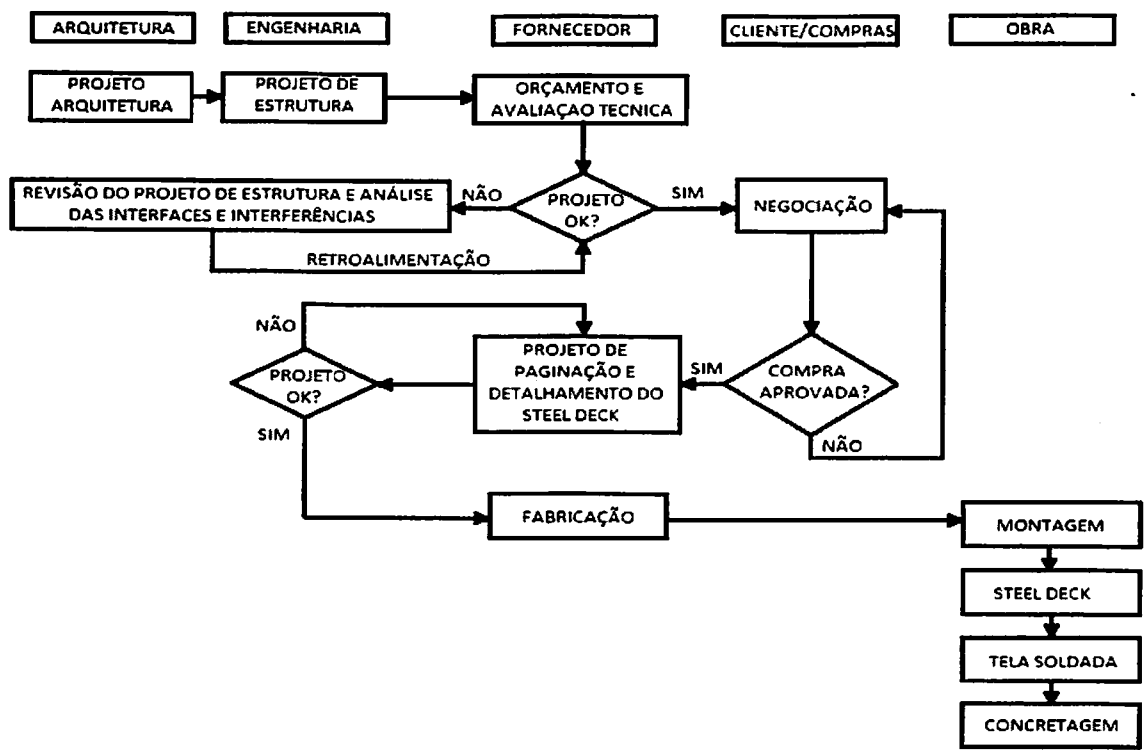


Fig.7.1: Fluxo de comunicação do projeto-produto. Fonte: Silva (2010)

Desta maneira, se espera que os projetos de produção descrevam à prescrição detalhada das técnicas construtivas, ferramentas e materiais empregados em cada serviço, de modo a estabelecer padrões a serem seguidos em outras obras, abrangem requisitos para compra, recebimento, estocagem dos materiais e componentes para construção.

Para melhor compreensão, o modelo do fluxo de produção ilustrado obedece as seguintes etapas: Içamento, distribuição, espalhamento, montagem, escoramentos nas áreas necessárias, fixação do *steel deck*, fixação dos arremates, aplicação de fita adesiva nas juntas, malha antifissuração, espaçadores, concretagem, sarrafeamento e nivelamento.

O diagrama abaixo evidencia todas as etapas envolvidas na utilização do *steel deck*:



Fig. 7.2: Etapas da utilização do *steel deck*. Fonte: Silva (2010)

O processo de içamento, distribuição e espalhamento pode ser demonstrado pelas figuras 7.3, 7.4 e 7.5:



Fig. 7.3: Içamento - distribuição e espalhamento. Fonte: o autor (2013)

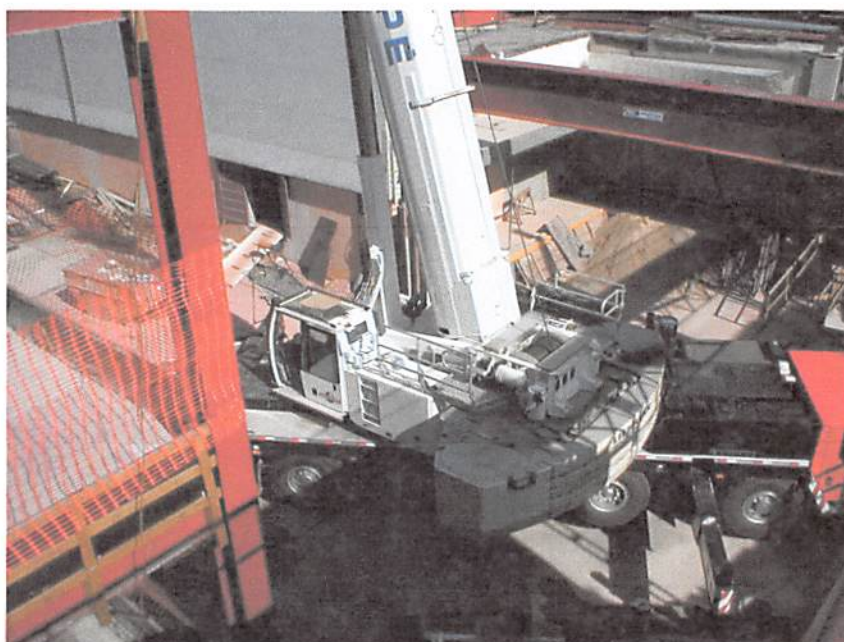


Fig. 7.4: Içamento - distribuição e espalhamento. Fonte: o autor (2013)

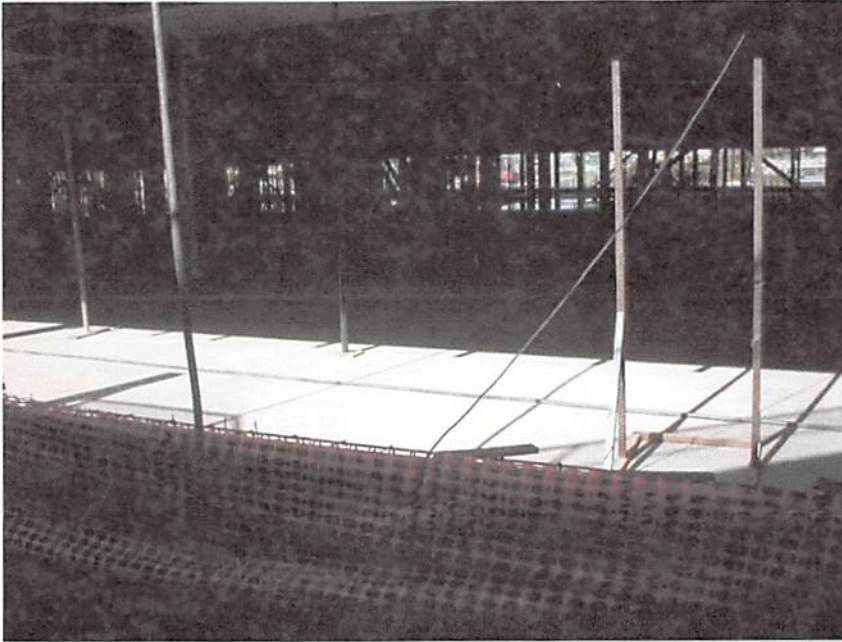


Fig. 7.5: Içamento - distribuição e espalhamento. Fonte: o autor (2013)

Abaixo, observa-se ao armazenamento de materiais que serão utilizados na montagem da laje *steel deck* (figuras 7.6 e 7.7):



Fig.7.6: Armazenamento de materiais. Fonte: o autor (2013)



Fig. 7.7: Armazenamento de materiais. Fonte: o autor (2013)

Antes de partir para a próxima etapa, que é a montagem da laje *steel deck*, deve-se fazer a conferência do material (Figura 7.8):



Fig. 7.8: Conferência de material para montagem. Fonte: o autor (2013)

A próxima etapa é a montagem da telha *steel deck*, representada pelas figuras 7.9 e 7.10:



Fig.7.9: Montagem da telha *steel deck*. Fonte: o autor (2013)



Fig.7.10: Montagem da telha *steel deck*. Fonte: o autor (2013)

Para evitar a fissuração do concreto que será aplicado à telha de *steel deck*, utilizam-se malhas antifissuração, conforme demonstrado nas figuras 7.11 e 7.12:



Fig. 7.11: Colocação de malha antifissuração. Fonte: Equipe de Obras (2013)

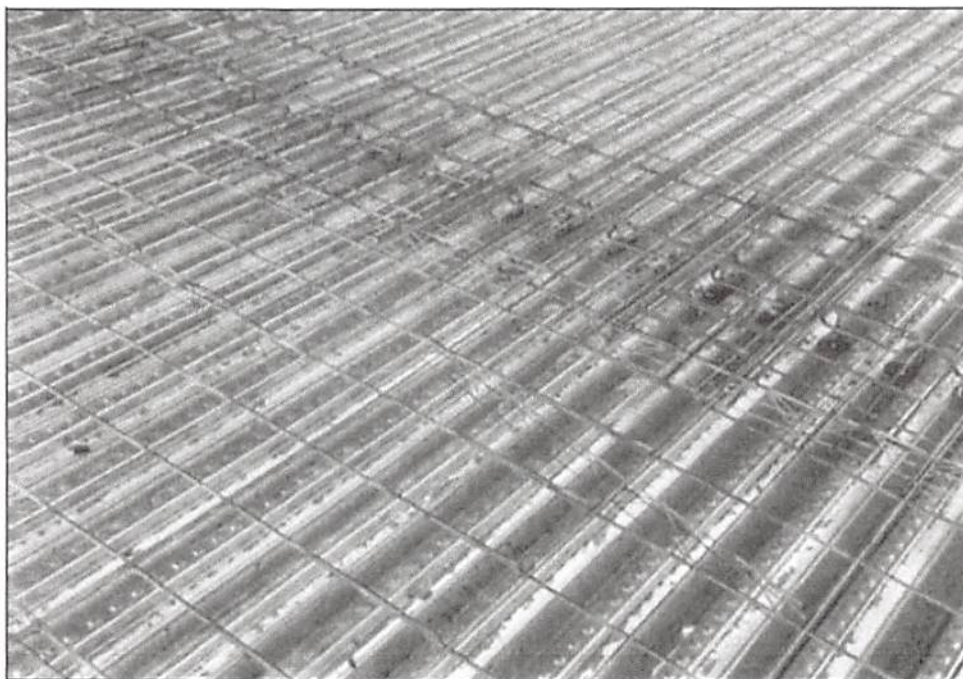


Fig. 7.12: *Steel deck* pronto para receber o concreto. Fonte: Rackham *et al.* (2009)

A etapa que se segue é a fixação da telha sobre a terço Z, demonstrada nas figuras 7.13, 7.14 e 7.15:

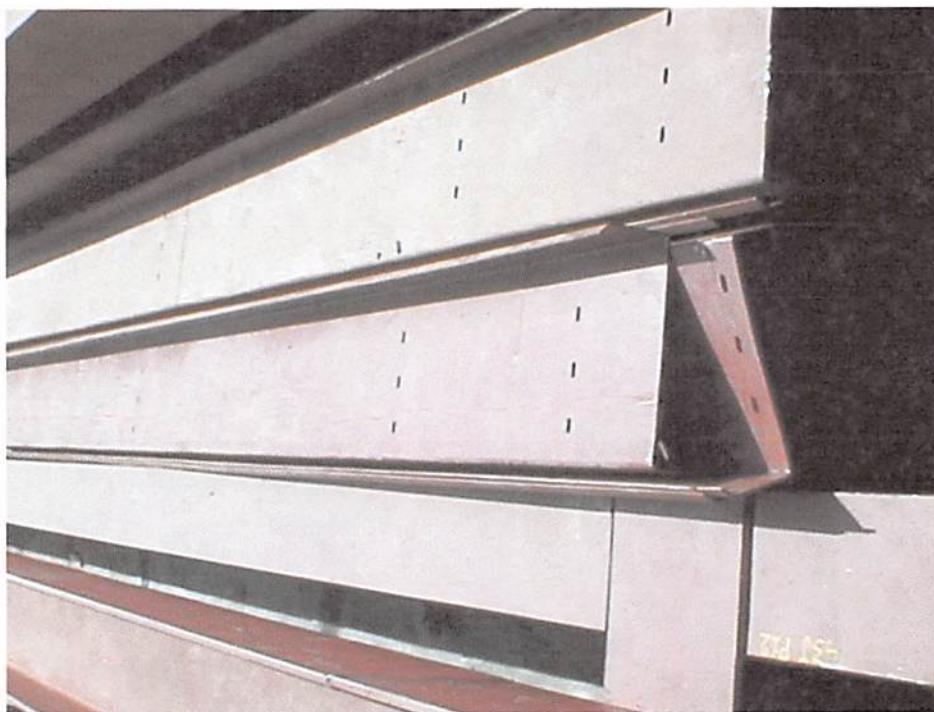


Fig. 7.13: Fixação da telha sobre a terço Z. Fonte: o autor (2013)



Fig. 7.14: Fixação da telha sobre a terço Z. Fonte: o autor (2013)



Fig. 7.15: Fixação da telha sobre a terço Z. Fonte: o autor (2013)

A seguir, iniciam-se a montagem e a fixação dos acabamentos, conforme as figuras 7.16, 7.17, 7.18 e 7.19:



Fig. 7.16: Montagem e fixação dos acabamentos. Fonte: o autor (2013)



Fig.7.17: Montagem e fixação dos acabamentos. Fonte: o autor (2013)



Fig.7.18: Montagem e fixação dos acabamentos. Fonte: o autor (2013)



Fig.7.19: Montagem e fixação dos acabamentos. Fonte: o autor (2013)

O passo seguinte é a colocação das mestras para concretagem, representada pelas figuras 7.20 e 7.21.



Fig.7.20: Colocação das mestras para concretagem. Fonte: o autor (2013)



Fig.7.21: Colocação das mestras para concretagem. Fonte: o autor (2013)

A preparação para a concretagem é mostrada nas figuras 7.22, 7.23e 7.24:



Fig. 7.22: Preparação para a concretagem. Fonte: o autor (2013)

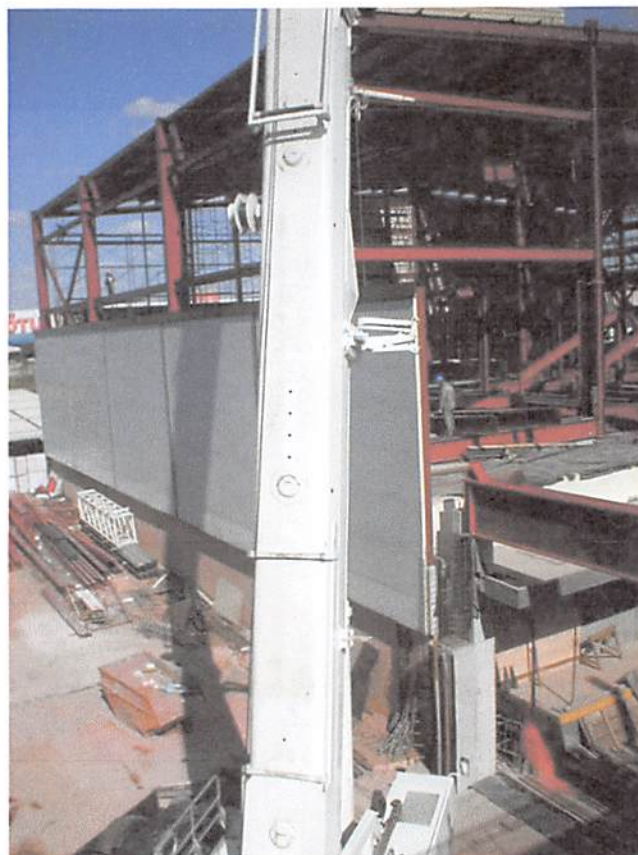


Fig. 7.23: Preparação para a concretagem. Fonte: o autor (2013)



Fig. 7.24: Preparação para a concretagem. Fonte: o autor (2013)

A seguir, inicia-se o processo de concretagem (figuras 7.25 e 7.26):



Fig. 7.25: Bombeamento de concreto reforçado com fibras. Fonte: Rackham *et al.* (2009)

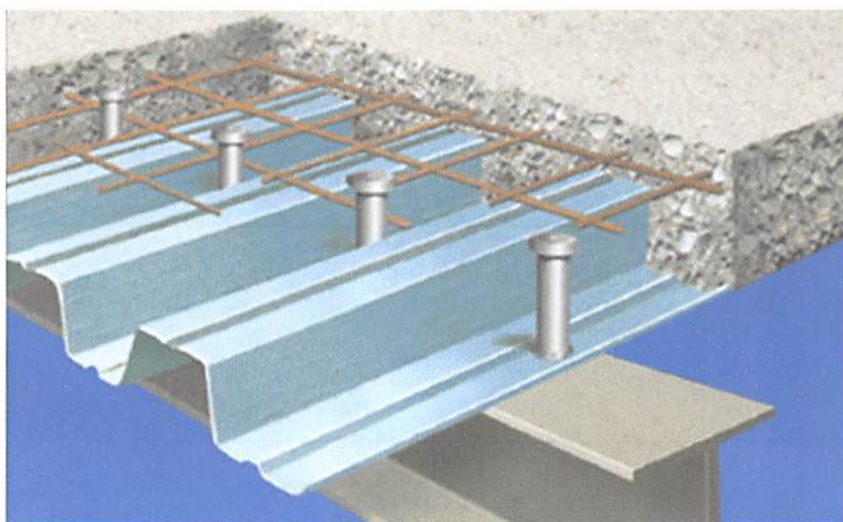


Fig. 7.26: Disposição da camada de concreto sobre a telha *steel deck*. Fonte: Februce (2013)

As etapas seguintes são: o sarrafeamento (figura 7.27) e o nivelamento do concreto (figura 7.28):



Fig. 7.27: Sarrafeamento do concreto. Fonte: B & C Pavimentações de Concreto (2013)



Fig. 7.28: Nivelamento do concreto. Fonte: B & C Pavimentações de Concreto (2013)

7.2 PROJETO COMO PROCESSO

O projeto de produção contribui para a eficácia da execução, com racionalização construtiva e rico detalhamento das tecnologias e soluções empregadas. Tem estilo dinâmico, onde recursos são estudados e compatibilizados.

Segundo Silva (2010), nas duas situações o projeto destina-se a antecipar as necessidades das etapas subseqüentes de produção, como suprimentos, execução, uso e manutenção. Não associar aspectos de execução ao processo de elaboração do projeto acarreta omissões ou superficialidade no detalhamento.

7.3 PROJETO COMO PRODUTO

É estático, com implicação de elementos gráficos e descritivos, organizado de forma lógica e racional. Destina-se a atender requisitos (amparo legal).

7.4 COMPOSIÇÃO DO PROJETO DE PRODUÇÃO *STEEL DECK*

De acordo com Silva (2010), alguns fatores apontados para obtenção de lajes com *steel deck* são: o emprego de referenciais de níveis precisos; definição precisa do posicionamento de componentes das instalações; definição prévia do caminhamento da concretagem; fluxo do processo de produção “in loco”; paginação das chapas de *steel deck* com o sentido de montagem; cuidados no descarregamento, armazenamento e içamento do material até a estrutura; detalhamento dos arremates perimetrais ou complementares; detalhamento da fixação das chapas e dos arremates na estrutura; detalhamento dos pontos de interferência ou aberturas; indicação dos pontos de escoramento e outros detalhes de montagem; citação de normas técnicas ou recomendações do fabricante em projeto; detalhamento da distribuição e sentido da aplicação das malhas antifissuração, incluindo sua sobreposição e espaçadores.

8 MONTAGEM DAS LAJES *STEEL DECK* NO HOSPITAL PREMIUM – GOIÂNIA/GO.

Na região centro-oeste, está sendo construído um complexo hospitalar de ponta que utiliza o sistema construtivo *steel deck* em sua estrutura. Trata-se do Hospital Premium, localizado na Av. D, no Setor Marista, em Goiânia/GO.

O complexo hospitalar é um edifício sustentável, ou seja, projetado para que a implantação e operação possam usar racionalmente os recursos do planeta, incluindo especificação de sistemas construtivos que reduzam os desperdícios de materiais e a geração de entulho. O *steel deck* está sendo amplamente utilizado neste empreendimento.

As sequencia de figuras abaixo mostra a utilização das lajes *steel deck* na estrutura deste complexo hospitalar:



Fig. 8.1: Montagem da laje *steel deck* no Hospital Premium. Fonte: o autor (2013)



Fig. 8.2: Montagem da laje *steel deck* no Hospital Premium. Fonte: o autor (2013)



Fig. 8.3: Montagem da laje *steel deck* no Hospital Premium. Fonte: o autor (2013)



Fig. 8.4: Montagem da laje *steel deck* no Hospital Premium. Fonte: o autor (2013)



Fig. 8.5: Montagem da laje *steel deck* no Hospital Premium. Fonte: o autor (2013)

9 STUD BOLTS (CONECTOR DE CISALHAMENTO)

Os conectores de cisalhamento *stud bolts* são ideais para a construção de estruturas mistas de aço-concreto, especialmente vigas e lajes. Pelo seu desempenho e resistência, são largamente empregados em estruturas metálicas para obras de grande porte, edifícios, viadutos, pontes, usinas de energia, entre outras.

A figura abaixo mostra em detalhes o conector de cisalhamento:



Fig. 9.1: *Stud bolts* (conector de cisalhamento). Fonte: Vasconcellos *et al.* (2010)

Estes conectores servem para combater o cisalhamento entre o aço e o concreto. É uma prática padrão os conectores serem soldados à viga através do *deck* (conhecido como *steel deck*) antes da colocação do concreto (RACKHAM, 2009).

Ainda segundo Rackham, os conectores de cisalhamento fornecem conexão de cisalhamento longitudinal suficiente entre a viga e o concreto, para que atuem juntos estruturalmente.

A figura 9.2 mostra a diferença entre o comportamento de vigas sem conectores e vigas com conectores, deixando claro que a presença dos conectores torna a viga mais vantajosa, por oferecer maior resistência e menor peso:

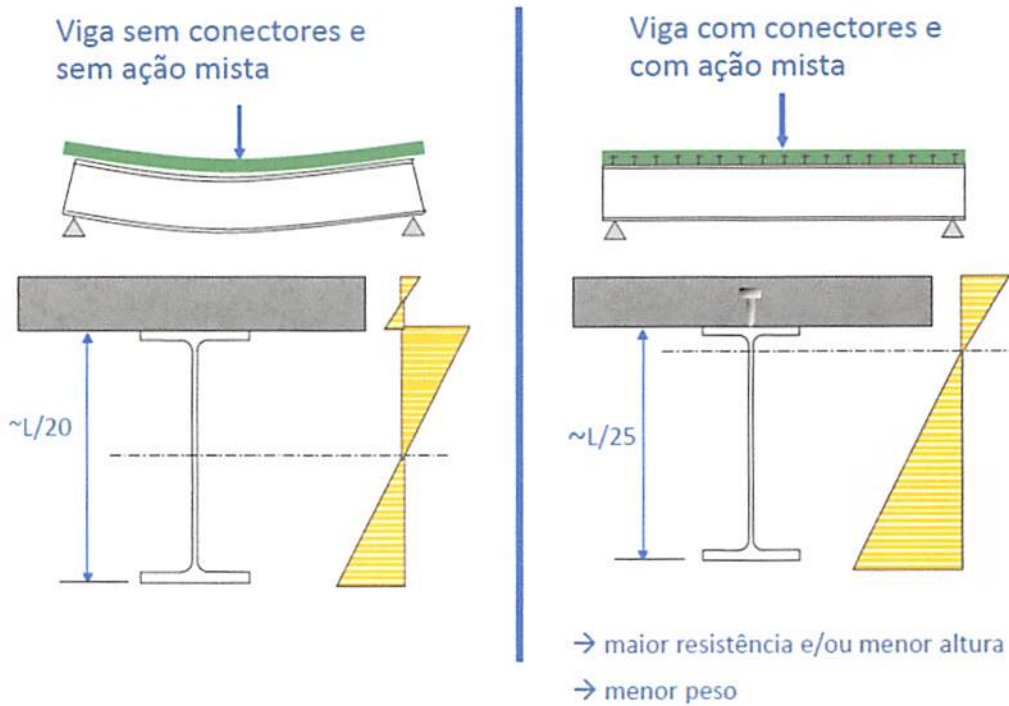


Fig. 9.2: Vigas sem conectores *versus* vigas com conectores de cisalhamento. Fonte: SOUZA (2013)

Durante a instalação, a soldagem do conector à viga é feita por eletrofusão. O processo é extremamente prático e rápido e utiliza uma pistola especial controlada por temporizador.

Na soldagem por eletrofusão, a extremidade da peça está engastada uma esfera de fluxo sólido, que serve como desoxidante e estabilizador do arco de solda. Um anel cerâmico com configuração específica colocado sobre o conector delimita a área de soldagem.

- Acoplar o *stud bolt* e o anel cerâmico à pistola de soldagem. Posicionar o pino sobre a superfície da estrutura;
- Acionar o gatilho. Automaticamente, o *stud bolt* recuará e abrirá passagem para a corrente que forma o arco elétrico do processo de soldagem;
- No decorrer da soldagem, o *stud bolt* é pressionado contra o metal que está em ponto de fusão e confinado pelo anel cerâmico;
- O metal solidifica em uma fração de segundo após o fim da corrente elétrica e uma solda de alta qualidade está pronta.

10 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO SISTEMA *STEEL DECK* NO BRASIL

10.1 EDIFÍCIO WTORRE NAÇÕES UNIDAS – SÃO PAULO/SP

O Edifício WTorre Nações Unidas - I está localizado na Av. das Nações Unidas, 7815 na região do Marginal, Pinheiros zona Sudoeste, São Paulo-SP.

Com estrutura mista de aço e concreto, o projeto WTorre Nações Unidas compreende duas torres de escritórios, uma de dez e outra de 13 pavimentos. Os principais critérios que levaram à decisão pela estrutura mista - vigas metálicas e pilares mistos de aço e concreto armado, com lajes *steel deck* - foram a facilidade da logística e a rapidez da construção.

Em função do canteiro de obras restrito e em uma via de trânsito intenso, como a Marginal Pinheiros, a única solução para tornar a obra viável foi optar pela estrutura de aço, que propicia facilidade na logística de entrega de suprimentos.

Como consequência, a construção teve uma velocidade excepcional. Iniciada em junho de 2007, foi entregue no fim de 2008. A estrutura metálica de cada andar era montada em quatro dias e era autoportante até três pavimentos. Ou seja, previa que três pavimentos fossem montados em aço antes que ocorresse a concretagem dos pilares, que têm alma metálica.

A sequência de figuras abaixo mostra a utilização da tecnologia *steel deck* nas obras do Edifício WTorre Nações Unidas:



Fig 10.1: Utilização do *steel deck* na construção do Edifício WTorre Nações Unidas. Fonte: Wtorre (2013)



Fig. 10.2: Utilização do *steel deck* na construção do Edifício WTorre Nações Unidas. Fonte: WTorre (2013)

10.2 EDIFÍCIO *NEW CENTURY*– SÃO PAULO/SP

Opção por estrutura metálica combinada a adoção de lajes *steel deck* fizeram as obras do edifício *New Century*, empreendimento de escritórios de alto padrão, ficarem prontas em 18 meses, tempo considerado excepcional, sem elevar os custos da obra.

Segundo a Método Engenharia, responsável pela obra, uma das premissas do projeto era a de que a obra fosse executada rapidamente, pois o prédio está situado no bairro do Itaim, em São Paulo, num quadrilátero de muito movimento, com grandes obstáculos logísticos. Inicialmente, pensou-se que a solução mais indicada do ponto de vista financeiro seria a estrutura de concreto armado. Entretanto, a velocidade da construção com aço pesou forte na decisão pelo sistema construtivo. A saída foi usar pilares metálicos de menor porte (mais econômicos) e preenchê-lo com concreto, o que resultou em diminuição de custos. Segundo dados da construtora, neste caso, o custo da estrutura ficou cerca de 7% menor. Assim, a alternativa mais interessante foi aliar a principal vantagem dos dois materiais: o aço, com sua velocidade de execução, e o concreto, economicamente mais viável.

Apesar dos impostos em cascata aplicados sobre o aço e o perfil industrializado, resultando num custo inicial maior, o emprego do aço na obra representou uma significativa economia, em virtude de vários fatores. O primeiro deles foi a entrega antecipada do empreendimento, possibilitando a rápida locação das unidades, acelerando o retorno do investimento. O segundo fator foi a economia obtida com a redução do número de operários

no canteiro, já que a redução do volume de concreto em obra ajudou a reduzir o quadro de colaboradores na obra.

A execução de lajes *steel deck* também foi fator determinante para cumprir o prazo da obra. A ausência de escoramentos fez com que outras etapas da construção fossem antecipadas, tais como iniciar a execução das instalações e dos fechamentos. Pilares trançados de contraventamento e perfis de dimensões maiores foram utilizados no núcleo do edifício, onde ficam os elevadores, para garantir estabilidade do conjunto estrutural.



Fig. 10.3: Utilização do *steel deck* na construção do Edifício New Century. Fonte: Método Estruturas (2013)



Fig. 10.4: Utilização do *steel deck* na construção do Edifício New Century. Fonte: Método Estruturas (2013)

10.3 SALVADOR SHOPPING – SALVADOR/BA

De acordo com a Codeme, responsável pela estrutura metálica utilizada no *Shopping Salvador*, a solução mista foi a mais indicada por atender às necessidades de sobrecarga de 1000kg/m² nas lajes, dimensões da edificação, modulação dos pilares de 8x10 metros e prazo de execução rápido, característico de *shoppings*.

A obra, que consumiu mais ou menos 5.000 toneladas de estruturas metálicas e 1.500 toneladas de *steel deck*, teve seu conceito estrutural baseado na criação de um pilar misto, composto de um perfil metálico de montagem (250x250mm), que nasceria na cabeça do pilar de concreto armado (600x600mm), um metro abaixo da cota do piso da primeira garagem. O perfil metálico foi dimensionado de modo a permitir a montagem e concretagem de até dois pavimentos de lajes sem a necessidade da concretagem dos pilares metálicos. Sua função foi dar velocidade e precisão na montagem do vigamento metálico.

Como a estrutura já estava sendo dimensionada em concreto armado e o processo de estaqueamento estava em andamento, a solução em estrutura mista deu maior agilidade à obra, para cumprir o cronograma de 18 meses. A padronização da estrutura metálica viabilizou que os pilares mistos ficassem com uma dimensão de 600x600mm, na sua quase totalidade, proporcionando uma produtividade espetacular na concretagem desses pilares. O processo foi totalmente sequencial: pilares de montagem; montagem das vigas principais; vigas secundárias; colocação do *Steel Deck* MF-50, que a Metform projetou especialmente para esta obra; assentamento dos *stud bolts*, com várias equipes de montagem simultâneas..

O *Steel Deck* MF-50 permitiu lajes com menor altura e menor consumo de concreto e maior aproveitamento do aço do *steel deck*, com cerca de 12% de economia em relação ao uso *steel deck* tradicional. A obra é limpa e a logística é bastante facilitada por essa solução.

A seguir, apresentam-se imagens da aplicação do *steel deck* na construção do Salvador Shopping:



Fig. 10.5: Utilização do *steel deck* na construção do Salvador Shopping. Fonte: Portal Metálica (2013)

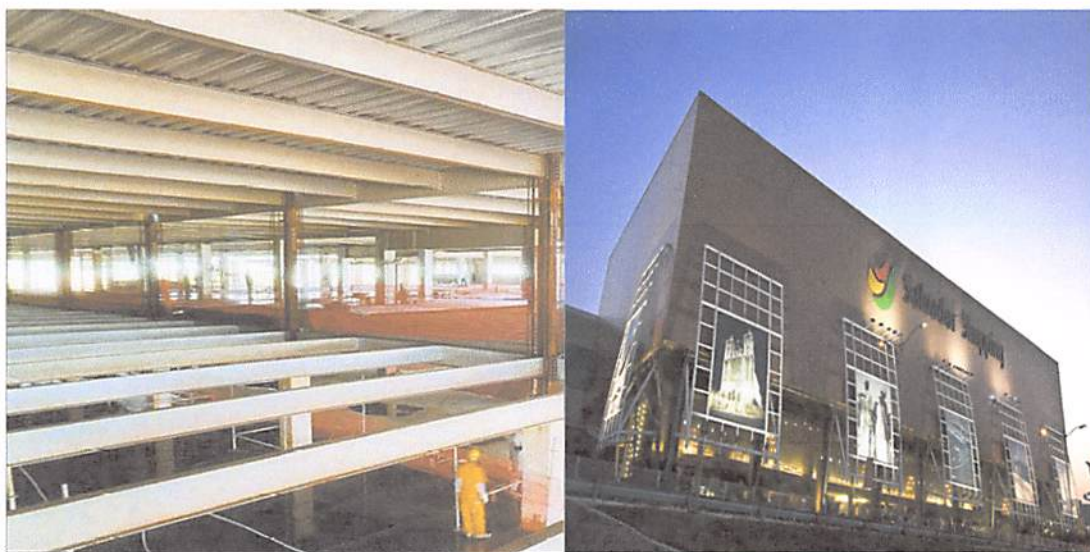


Fig. 10.6: Utilização do *steel deck* na construção do Salvador Shopping. Fonte: Portal Metálica (2013)

10.4 SHOPPING FLAMBOYANT – GOIÂNIA/GO.

Com mais de 132 mil m² de área construída, o Flamboyant está entre os maiores shoppings do Brasil e o que sofreu mais modificações desde a sua fundação, em 1981. Esta passando pela sexta obra de expansão de suas instalações, prevista para ser entregue no primeiro semestre de 2014.

A área ampliada receberá estrutura mista em aço e concreto, e lajes em *steel deck* solidarizadas com conectores de cisalhamento do tipo *stud bolts*, o que possibilitará o cálculo de vigas mistas, permitindo uma redução no peso total da estrutura.

O emprego do aço dispensa a necessidade de isolamento acústico rigoroso para proteger a estrutura já existente, o que elevaria sensivelmente os gastos. Além disso, permite maior velocidade na execução e possibilita o funcionamento normal do empreendimento durante toda a obra.

As figuras abaixo mostram o estacionamento do *Shopping Flamboyant*, onde o *steel deck* foi amplamente utilizado e a fachada do *shopping*.



Fig. 10.7: Utilização do *steel deck* no *Shopping Flamboyant* – Goiânia/GO. Fonte:Portal Metálica (2013).

10.5 VIADUTODO DISTRITO AGROINDUSTRIAL DE ANÁPOLIS - BR-060 ANÁPOLIS/GO

Em Anápolis-GO, o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) está construindo um viaduto na BR-060/153 que dará acesso ao Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA). A conclusão está prevista para fevereiro de 2014.

O projeto prevê uma rotatória no nível inferior, que deverá permitir fluxo livre de veículos entre a cidade de Anápolis e o DAIA, e no nível superior, em viaduto para o tráfego entre Brasília e Goiânia, incluindo, ainda, a implantação de ciclovia que ligará o DAIA à cidade de Anápolis. Com isso, o tráfego local será separado do de longa distância, conferindo mais agilidade e segurança ao trânsito na região.

Apesar de não empregar lajes *steel deck* na sua construção, estão sendo utilizados os conectores de cisalhamento *stud bolts* em sua estrutura, conforme figura abaixo:



Fig. 10.8: Utilização dos conectores de cisalhamento *stud bolts* no Viaduto do DAIA – Anápolis-GO

Fonte: Autor (2013)

10.6 HOSPITAL SIRIO-LIBANÊS- SÃO PAULO/SP

Em estrutura mista (concreto e metálica), o edifício foi projetado utilizando concreto nos pilares do núcleo e metálica para os pilares, vigas e lajes em *steel deck*.

O projeto de ampliação do Hospital Sírio Libanês, em São Paulo, é ousado. Em área construída de 100 mil metros quadrados, o hospital possui estrutura mista – parte em concreto e outra que exhibe componentes metálicos. O hospital foi concebido com a aplicação de concreto nos pilares do núcleo e metálica para os pilares, vigas e lajes em *steel deck*. Na obra, que está prevista para ser concluída em 2014, o aço é um dos componentes fundamentais nas obras que seguem padrões rígidos de sustentabilidade.

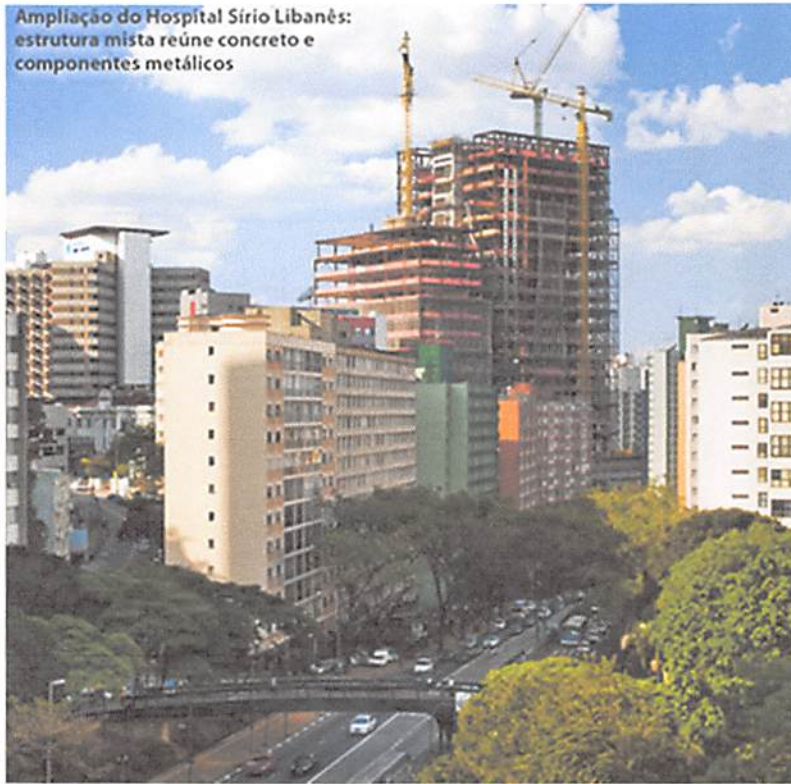


Fig. 10.9: Utilização do *steel deck* nas obras de ampliação do Hospital Sírio-Libanês/SP

11 DIMENSIONAMENTOS DE LAJES COM *STEEL DECK* EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

A verificação das lajes com *steel deck* em situação de incêndio segue as prescrições do Item C.3 – Anexo C – da ABNT-NBR 14323. Para TRRF (*Tempo Mínimo de Resistência ao Fogo*) de até 30 minutos, seguindo as especificações da ABNT-NBR 14323, todas as lajes com *steel deck* atendem aos requisitos exigidos e não são necessárias verificações adicionais.

Para TRRF superiores há 30 minutos (60, 90 ou 120 minutos), deverão ser realizadas verificações adicionais em situação de incêndio. Nestas verificações, todo o carregamento aplicado (durante o incêndio) deverá ser suportado por armaduras adicionais (positivas e/ou negativas) com os elementos (concreto e aço de armaduras) com resistência minorada devido ao efeito da temperatura.

A consideração de resistência da laje em incêndio garantida exclusivamente pelo concreto e armaduras utilizadas é econômica, pois dispensa o gasto com material para proteção e isolamento térmico do *steel deck*.

Para possibilitar a verificação especial em situação de incêndio, conforme o TRRF necessário, será exigido que as lajes com *steel deck* atendam aos critérios de isolamento térmico (lâmina média de concreto - hef).

Para a verificação de lajes em situação de incêndio (sem aplicação de materiais para proteção passiva), além do critério de isolamento térmico acima descrito, também deverão ser atendidos os critérios de resistência da seção aos carregamentos. Além disso, deverá ser verificada a resistência das lajes com *steel deck* ao momento positivo e/ou negativo de acordo com o modelo estático (simplesmente apoiado ou contínuo) adotado no tramo analisado. Toda a seção analisada (momentos positivos e/ou negativos) deverá ter resistência garantida exclusivamente pelas armaduras adicionais e pelo concreto (com resistências minoradas devido ao efeito de temperatura elevada).

O aço estrutural, apesar de sua robustez e benefícios de suportar elevadas cargas de peso sobre os pilares e as vigas, é um material que ao ser exposto a elevadas temperaturas, perde a sua resistência a partir dos 500° C. Pela curva do incêndio padrão, as temperaturas podem atingir até 1000° C durante um incêndio, e, portanto, o aço estrutural deve ser protegido adequadamente.



Fig. 11.1: Vigas do 6º andar do Edifício Bressmer após incêndio em 1948, Springfield, EUA.

Fonte: Blog Seguro contra incêndio (2013).

No caso do *steel deck* posicionado sobre uma viga, mesa superior deste perfil, não necessita de proteção passiva contra o fogo adicional, conforme observamos na figura abaixo:

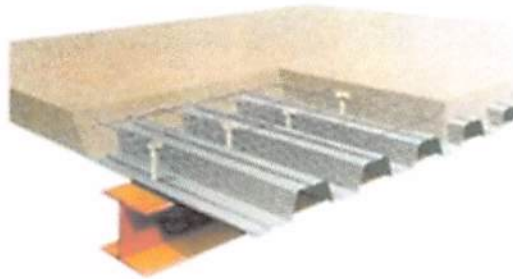


Fig. 11.2: A laje protege uma das faces de mesa de uma viga em situação de incêndio.

Fonte: Blog Seguro contra incêndio (2013).

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema construtivo *steel deck* tem como base a integração das virtudes do aço e do concreto. É um sistema misto, formado por uma laje composta por uma telha de aço galvanizado, juntamente com uma camada de concreto.

Trata-se de uma ferramenta prática, eficaz e inteligente. Proporciona economia de gastos e rapidez de execução da estrutura, já que reduz o peso dos componentes estruturais, tem uma velocidade de montagem igual ou superior à velocidade de montagem da estrutura convencional, promove a eliminação completa de escoramentos durante a execução da obra, tornando possível a simultaneidade de tarefas durante o processo construtivo.

Apesar de exemplos bem sucedidos no Brasil, o sistema construtivo *steel deck* ainda está longe de largamente utilizado em nosso país. Sua principal limitação refere-se ao alto custo desse sistema em comparação aos sistemas de laje convencional.

Ainda não existem normas técnicas nacionais, há escassez de mão de obra qualificada na produção em aço e ainda vivemos a cultura do 'concreto armado', francamente consolidada em nosso país. O concreto continua sendo a principal matéria na área de estrutura, deixando o aço em segundo plano. Portanto, é preciso conhecer, difundir e normatizar a aplicação do sistema construtivo *steel deck* na construção civil brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRELLI, V. M. **Coletânea de Legislação Ambiental**. V. 2 Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 2003.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. ASTM A-653 gr.40. *Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy-Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip Process*. West Conshohocken, PA, USA, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. NBR 8800:2008. São Paulo. 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. NBR 6118:2003. São Paulo. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio - Procedimento**. NBR 14323:1999. Rio de Janeiro, 1999.
- B & C PAVIMENTAÇÕES DE CONCRETO. **Sarrafeamento do Concreto**. Disponível em: <<http://www.habitissimo.com.br/b-c-pavimentacoes-de-concreto>>. Acesso em 16 out. 21013.
- BLOG SEGURO CONTRA INCÊNDIO. **Proteção Passiva em Estruturas Metálicas**. Disponível em <<http://blogsci.com.br/protecao-passiva-em-estruturas-metalicas/>>. Acesso em: 28 nov. 2013.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, CBCO. **Construção Rápida**. Anuário da Construção - No 01 - Dezembro/2003. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ler.php?cod=2232&orig=obras&codOrig=9071>>. Acesso em: 04 out. 2013.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO, CBCO. **Aço beneficia reforma de shopping centers**. Revista Arquitetura & Aço - Edição 34- Junho/2013. Disponível em: <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5838>>. Acesso em: 04 out. 2013.
- CHIAVERINI, V., **Aços e Ferros Fundidos**, 7. ed. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 2005.
- DIAS, L.A.M. **Edificações em Aço no Brasil**. São Paulo: Zirgurate, 2002.
- REVISTA EQUIPE DE OBRAS. **Concreto para steel deck**. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/62/concreto-para-steel-deck-aprenda-a-calcular-o-volume-292702-1.aspx>>. Acesso em: 30 nov. 13.
- FABRIZZI, M.A. **Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais misto aço-concreto**. 2007. Dissertação (Mestrado), São Carlos, Escola de Engenharia São Carlos - USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007, 233p.

FAKURY, R. H. **Sobre a revisão da norma brasileira de projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto, a NBR 8800.** Revista Escola de Minas, 60(2):233-239, Ouro Preto, 2007.

FEBRUCE CONSTRUÇÕES EM AÇO. **Laje para piso ou forro tipo *Steel Deck*.** Disponível em: <<http://www.febuce.com.br/produtos/>>. Acesso em: 28 nov. 13.

FONTES, F. F.; PINHEIRO L. M.; BITTENCOURT, T. **Conceitos de análise estrutural.** Concreto ensino, pesquisa e realizações, Geraldo C. Isaias (editor), IBRACON, 2005, São Paulo, p. 109-140.

GESTÃO DE ESPAÇOS E TECNOLOGIA EM SAÚDE. **HOSPITAL PREMIUM – MEDICINA AVANÇADA.** Disponível em: <<http://www.hospitalpremium.com.br/#!hospitalpremium/cgpq>>. Acesso em: 25 out.2013.

KF CONSTRUTORA. **STEEL DECK - A Inovação em Soluções!.** Disponível em: <<http://www.kfconstrutora.com.br/steel-deck.html>>. Acesso em: 10 abr. 2013.

MBP. **Coberturas.** Disponível em: <http://www.mbp.com.br/site_grupo/index.php?land=produtos-e-servicos>. Acesso em: 02 out.2013.

MÉTODO ESTRUTURAS. **EDIFÍCIO *NEW CENTURY*, SÃO PAULO/SP.** Disponível em: <<http://www.metodoestruturas.com.br/empreendimentos/12/new-century.aspx>>. Acesso em 24 out. 2013.

MIC, **Manual Brasileiro para Cálculo de Estruturas Metálicas**, Rio de Janeiro.1986.

MIRRA, A. L. V. **Impacto Ambiental: aspectos da legislação brasileira.** 4. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2008.

MITTAL, ARCELOR. **WT Nações Unidas.** 2013. Disponível em: <http://www.constructalia.com/prg/selfware.pl?id_sitemap=5927>. Acesso em: 01 dez. 2013.

NOVAES, C. C. **Um enfoque diferenciado para o projeto de edificações: projetos para produção (Artigo);** Universidade Federal de São Carlos, Brasil, 2001.

PFEIL, W. e PFEIL, M. **Estruturas de aço: dimensionamento prático.** 8ª ed. Rio de Janeiro: LTC , 2011.

PORTAL METÁLICA. **Salvador Shopping - Salvador/BA e Shopping Flamboyant - Goiânia/GO.** Disponível em: <<http://www.metálica.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

POLIMENTO DE CONCRETO LAPIDAÇÃO E RESTAURAÇÃO-RJ. **Nivelamento do Concreto.** Disponível em: <polimentodeconcreto.blogspot.com.br>. Acesso em: 01 nov. 2013.

QUEIROZ, G. **Elementos das Estruturas de aço.** 4ª ed. Belo Horizonte. 1994.

RACKHAM, J. W. **Composite Slabs and Beams using Steel Decking: Bests Practice for Design and Construction.** MCRMA Technical Paper N°13, SCI Publication P300, United Kingdom, 2009.

RAPHAEL, da S. R. **Projeto de produção para construção metálica aplicada em lajes mista *Steel Deck***. 2010. Disponível em <<http://www.construmetal.com.br/2010>>. Acesso em 08 abr. 2013.

REBELLO, Y.C.P. **Estruturas de Aço, Concreto e Madeira – Atendimento da Expectativa Dimensional**. São Paulo: Zirgurate, 2005.

REVISTA DO AÇO. **Presença marcante e indispensável**. 2013. Disponível em: <<http://www.revistadoaco.com.br/presenca-marcante-e-indispensavel/>>. Acesso em: 01 agosto 2013.

SAÚDE, J.; RAIMUNDO, D.; PROLA, L. C.; PIERIN, I. **Lajes Mistas: Aspectos Construtivos e Respectivas Recomendações Do Eurocódigo 4**. In: Construmetal 2006. São Paulo.

SILVA, R. **Projeto de Produção para Construção metálica aplicado em Lajes Mistas *Steel Deck***. ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica. 2010.

SOUZA, D. **Sistemas Constutivos em Aço, 2013**. Disponível em <<http://www.gerdau.com.br>>. Acesso em: 30 nov. 2013.

VASCONCELLOS, A. L. **Cálculo Completo de um Edifício de Aço com Estruturas Mistas**. São Paulo, 2003.

ZHONGYUON. **PERFILADEIRA, MÁQUINA DE PERFILAR**. Disponível em: <<http://www.zhongyuanforming.com>>. Acesso em: 01 dez. 2013.

ANEXOS

NORMAS BRASILEIRAS CITADAS NO TRABALHO:

NBR 5000:1981 - Chapas grossas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica

NBR 5004:1981 - Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica

NBR 5008:2009 - Bobinas e chapas grossas laminadas a quente de aço baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural – Requisitos

NBR 5920:2009 - Bobinas e chapas finas laminadas a frio e de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural - Requisitos

NBR 5921:2009 - Bobinas e chapas finas a laminadas a quente de aço de baixa liga, resistentes à corrosão atmosférica, para uso estrutural - Requisitos

NBR 6648:1984 - Chapas grossas de aço-carbono para uso estrutural

NBR 6649: 1978 - Chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural

NBR 6650:1986 - Chapas finas a quente de aço-carbono para uso estrutural

NBR 5628:1980 - Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo - Método de ensaio

NBR 6118:2003 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (Substituída pela NBR 6118:2007)

NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento

NBR 7007: 2011 - Aços-carbono e microligados para uso estrutural e geral

NBR 7808:1983 - Símbolos gráficos para projetos de estruturas – Simbologia;

NBR 8261:2010 - Perfil tubular, de aço-carbono, formado à frio, com e sem costura , de seção circular, quadrada ou retangular para usos estruturais – Especificação

NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas – Procedimento

NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios

NBR 14323:2013 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio

NBR 14432:2000 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - Procedimento;

NBR 14762:2001 - Dimensionamento de estruturas de aço constituído por perfis formados a frio – Procedimento.

NBR 10735:1989 - Chapas de aço de alta resistência mecânica zincadas continuamente por imersão a quente – Especificação (CANCELADA)