

ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIFERENTES TIPOS DE LAJES APLICADAS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Gustavo de Oliveira CARDOSO¹
Leonardo BARGA²
Fernando César HÚNGARO³

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma comparação entre os sistemas de lajes maciças, lajes treliçadas e lajes em Steel Deck, ao qual realizou uma composição de custos de materiais e mão de obra para a construção das mesmas no município de Presidente Prudente - SP, concebendo um comparativo quanto ao custo por metro quadrado de cada um dos tipos. Sendo assim, apresentado por consequência uma breve análise econômica além de explicar as vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas abordados.

Palavras-chave: Laje Maciça. Laje Treliçada. Laje Steel Deck. Vantagens e Desvantagens. Comparativo de Custos.

1 INTRODUÇÃO

A incessante busca por novas práticas construtivas vem se tornando cada vez mais comum. Atrelado a esta nova fase das construções, novas portas são abertas para utilização de sistemas construtivos diferenciados. Pode-se tomar como exemplo, a utilização de lajes mistas, fazendo-se substituição de lajes mais comuns como a laje maciça e lajes treliçada. A concepção de lajes mistas teve início na década de 50 nos Estados Unidos, porém em território nacional, o Steel Deck só passou a ser comercializado de maneira acentuada na década de 1970 pela empresa Robtek (Associação entre a americana Robertson e brasileira Tekno).

¹ Discente do 4º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. gustavooliveira622@gmail.com Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e voluntário no grupo de pesquisa Desenvolvimento de Materiais Sustentáveis a partir de Cargas Residuais.

² Discente do 4º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. leonardobarga@gmail.com Bolsista do Programa de Iniciação Científica Toledo (PICT).

³ Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário “Antonio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente. Especialista em obras de Infra-Estrutura pela Universidade Candido Mendes, Mestrando em Gestão Integrada na Universidade Europeia Del Atlântico em Santander – Espanha. fernandochungaro@gmail.com. Orientador do trabalho.

Esta é composta por uma chapa de aço colaborante e pelo concreto, sendo que cada material comporta-se de maneira isolada inicialmente. Após o concreto atingir cerca de 75% de sua resistência, confere-se o comportamento misto a estrutura (BONINI, 2013).

De forma inicial, quem resiste aos primeiros esforços da estrutura, como cargas de construção e carregamentos permanentes como peso próprio, é a chapa de aço colaborante (Steel Deck). Após adquirir o comportamento misto, tal chapa passa-se a trabalhar como armadura de tração da laje, podendo até em algumas situações trabalhar de maneira isolada no quesito que se refere as armaduras, se fazendo desnecessária a utilização de armaduras adicionais (BONINI, 2013).

Sendo assim, o presente trabalho tem como intuito, apresentar um estudo comparativo entre os preços de execução de lajes mistas, lajes maciças de concreto armado, lajes treliçadas com uso de lajota cerâmica e treliçadas com uso de lajota de EPS além de das lajes executadas em Steel Deck.

O andamento deste trabalho envolveu uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados ao assunto bem como uma cotação de materiais utilizados nas lajes mencionadas anteriormente na cidade de Presidente Prudente/SP. Com as informações em mãos, tornou-se possível estruturar uma planilha com o *Microsoft Office Excel* com materiais e custos dos mesmos, fazendo-se avaliação dos preços por metro quadrado das diferentes lajes expostas, em um mesmo projeto de edificação.

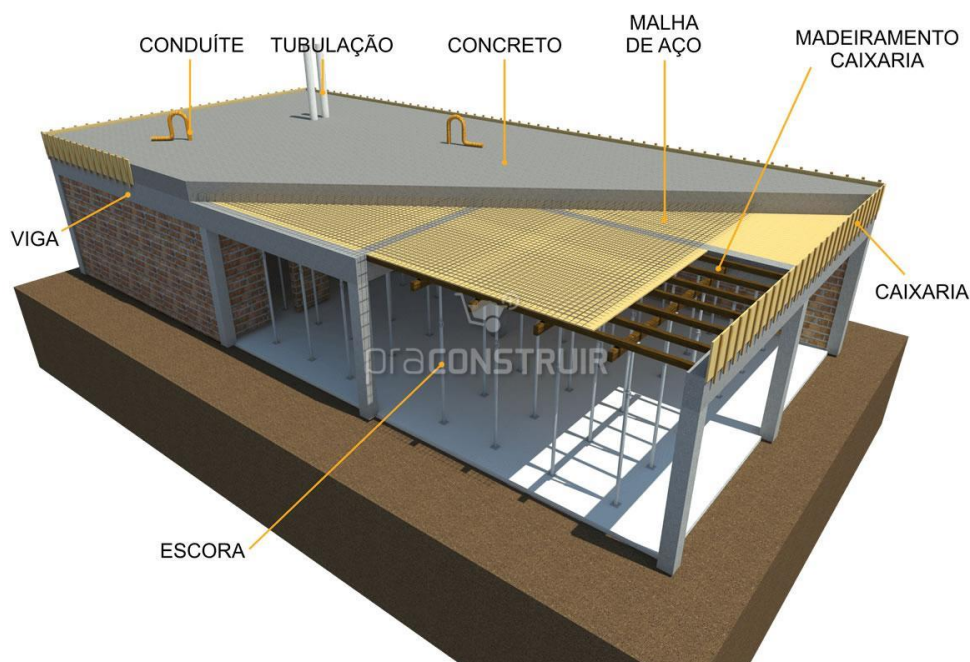
2 DESENVOLVIMENTO

Diante dos fatos expostos e visando-se buscar a popularização de lajes mistas para casas de baixo padrão, a Ecopontes, empresa 100% fabricante de pontes mistas, há vários anos no mercado, com presença em todo o território nacional, vem desenvolvendo um novo modelo de produto no que diz respeito as lajes mistas com Steel Deck. Trata-se de um produto que reduz custos de execução, além de manter e acrescentar as mesmas propriedades estruturais das lajes convencionais já executadas e ainda com maior demanda.

2.1 Laje Maciça

De acordo com Spohr (2008) são definidas lajes maciças elementos placa de mesma espessura de maneira que fiquem apoiadas em torno de seu perímetro. Estas são responsáveis pela transmissão dos esforços de carga e sobrecarga provenientes do telhado além de cargas derivadas da utilização, em caso de lajes piso, para as vigas respaldo, pilares e fundações. A representação deste elemento estrutural pode ser visualizada na figura 1.

Figura 1: Elementos da laje maciça.



Fonte: Blog Para Construir, 2017.

De acordo com a NBR 6118/2014 as lajes maciças devem respeitar os seguintes limites de espessura:

- 7 cm para lajes de cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso ou de cobertura em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30KN;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30KN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, $l/42$ para lajes de pisos bi apoiadas e $l/50$ para lajes de piso contínuas; (l =vãos considerados, cm)

-16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes cogumelo, fora do capitel.

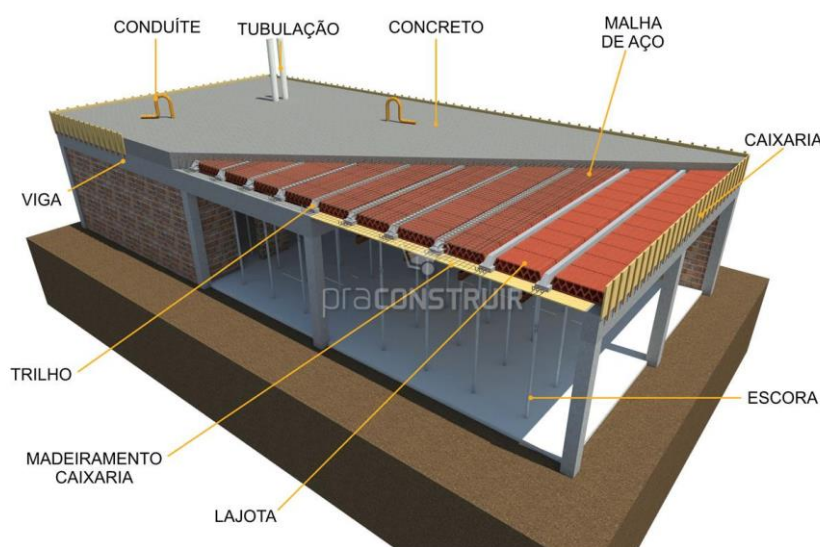
As lajes maciças apresentam como vantagem a versatilidade de sua utilização podendo obter funções de placa e lâmina. Sua armação pode ser realizada de forma unidirecional ou bidirecional. Entretanto e conseqüentemente ligada as suas vantagens de versatilidade para sua execução necessita-se de uma grandiosa utilização de fôrmas e escoramentos, influenciando diretamente em seu elevado custo e ocasionando a grande geração de resíduos proveniente das fôrmas (Archdaily, 2018).

2.2 Laje Treliçada

Nas lajes treliçadas ou pré-moldadas, evidencia-se a utilização de vigotas unidirecionais pré-fabricadas, composta de armadura tipo treliça ou trilho, sendo feita em concreto armado ou protendido. Esta por sua vez faz utilização de elementos leves de preenchimento, sem função estrutural, dentre eles pode ser citado blocos cerâmicos, de concreto celular, EPS, entre outros. Estes por sua vez irão se solidarizar aos demais componentes através da aplicação do concreto. (Silva, 2005)

A figura 2 indica os elementos que constituem as lajes treliçadas.

Figura 2: Elementos de laje treliçada.



Fonte: Blog Para Construir, 2017.

As lajes pré-fabricadas são as mais utilizadas em obras de pequeno e médio porte por não haver necessidade de mão de obra especializada para sua instalação além de ser encontrada com facilidade no mercado. Quando comparada a laje maciça, a mesma apresenta uma grande diminuição da utilização de fôrmas, consequentemente gerando uma menor quantidade de resíduos oriundos de tal material, diminuindo assim a utilização de escoramentos.

Uma de suas principais características está atrelada ao baixo peso e ao menor custo quando comparada a laje maciça, porém a mesma tem como grande desvantagem a não liberdade de mudança de layout, ou seja, quando utilizada como laje piso impossibilita a execução de uma nova parede ou demais exemplos de sobrecarga de utilização. (Archdaily, 2018).

2.3 Laje Steel Deck

As lajes Steel Deck abordam o conceito de lajes mistas e ou de forma colaborante, ao qual são compostas basicamente pela telha de aço galvanizado em formato trapezoidal (Steel Deck) trabalhando como armadura de tração, ou seja, armadura positiva, em grande parte dos casos faz-se necessária a utilização de armadura negativa de distribuição, prevenindo assim a retração do concreto, também contando com pinos conectores de cisalhamento ou barras de ancoragem, fazendo a junção entre vigas e lajes em casos que não houverem concretagem simultânea destes elementos estruturais.

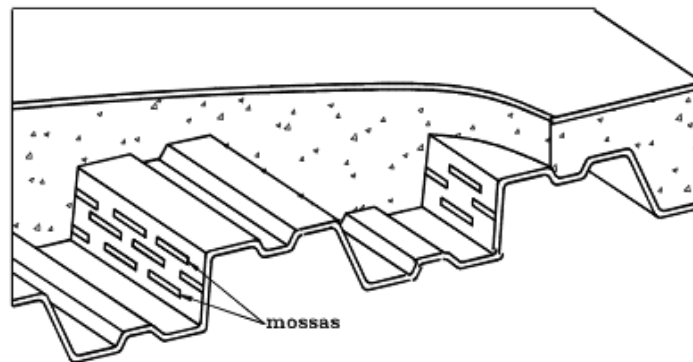
A NBR 8800 (2008) tem por definição lajes mistas:

Laje mista de aço e concreto, também chamada de laje com fôrma de aço incorporada, é aquela em que, na fase final, o concreto atua estruturalmente em conjunto com a fôrma de aço, funcionando como parte ou como toda a armadura de tração da laje. Na fase inicial, ou seja, antes de o concreto atingir 75% da resistência à compressão especificada, a fôrma de aço suporta isoladamente as ações permanentes e a sobrecarga de construção.

Ainda segundo a norma citada acima “a fôrma de aço deve ser capaz de transmitir o cisalhamento longitudinal na interface entre o aço e o concreto”, adotando para o presente trabalho a ligação mecânica em formas de aço trapezoidal

por meio de mossas (reentrâncias na chapa que facilitam a aderência do concreto), como demonstrado na figura 3.

Figura 3: Forma trapezoidal Steel Deck.



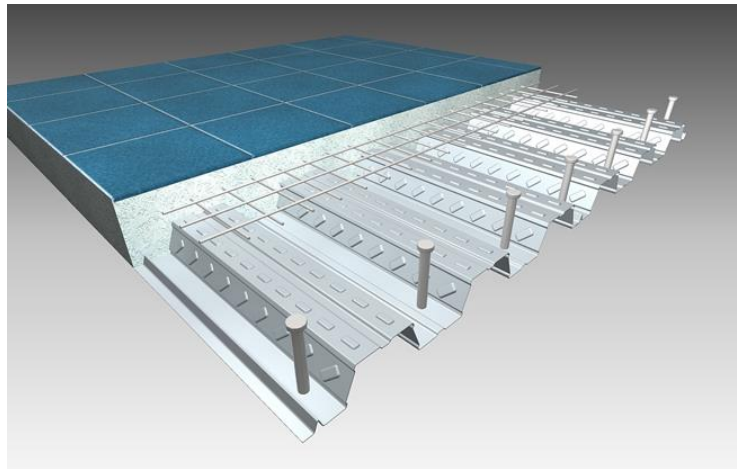
Fonte: NBR 8800, 2008.

Segundo Reis (2012) dentre as principais vantagens da laje tipo Steel Deck pode-se citar a redução ou a eliminação de formas e escoras, leveza da estrutura quando comparada a estrutura de concreto armado aplicada em mesmo vão, reduzindo assim as cargas na fundação, exige menor tempo de execução, resistência ao fogo quando comparada as estruturas metálicas, além da redução do consumo de aço. De acordo com a Revista CBCA (2014) uma outra vantagem deste sistema é por ser um produto industrializado, feito com chapa de aço galvanizado que possui características e dimensões controladas. É um produto leve que pode ser manuseado sem necessidade de equipamentos e mão de obra especializada, sendo de fácil armazenagem, carga e descarga.

É válido salientar que fazendo-se a utilização do Steel Deck como laje de forro ou piso, em obras de pequeno e médio porte, a estrutura estará sendo dimensionada para receber esforços provenientes de sobrecargas de utilização.

A figura 4 ilustra a aplicação de um sistema de laje mista.

Figura 4: Elementos de laje Steel Deck.



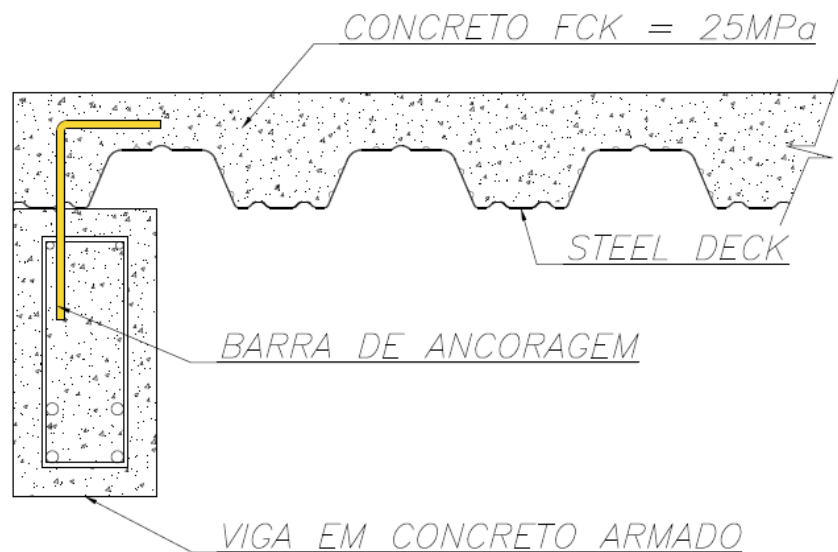
Fonte: NBR 8800, 2008.

2.3.1 Preparação das peças de Steel Deck

Após as bobinas de chapas serem adquiridas, serão depositadas no pátio da empresa de maneira a serem protegidos contra o ataque de intempéries. As mesmas serão submetidas a passagem por uma perfiladeira para que assim, possam obter o formato de ondas individuais, as quais serão devidamente encaixadas lado a lado, para formar a armadura positiva da laje. É válido salientar que as dimensões para corte e fabricação de cada onda da chapa serão definidas pelo requerido projeto de laje.

A laje Steel Deck terá como apoio as próprias vigas respaldo executadas na residência. Como a forma colaborante não penetra nas vigas de extremidade, pretende-se fazer a utilização de barras de aço colocadas previamente no interior da laje, para que assim os esforços possam ser transmitidos da fôrma de aço para as vigas de concreto. A figura 5 ilustra a execução do grampeamento entre a laje e a viga respaldo.

Figura 5: Corte esquemático da ancoragem Viga/Steel Deck.



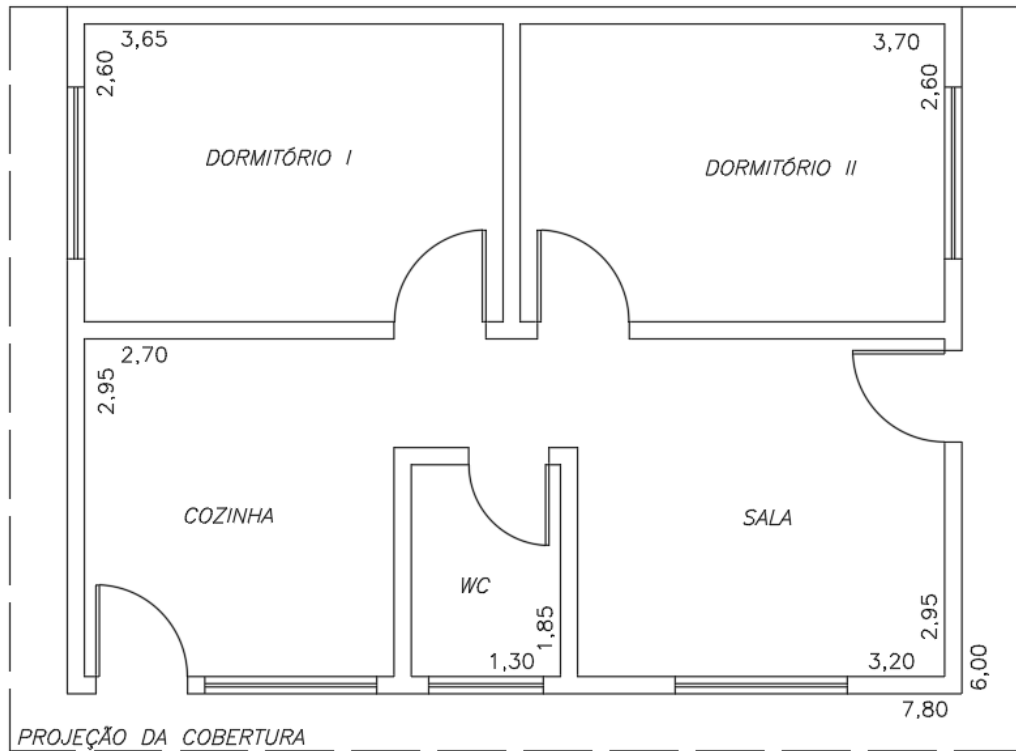
Fonte: Os autores, 2018.

Dentre pesquisas que utilizaram este sistema de ligação laje-viga, pode-se citar a de Silva et al. denominada “Utilização de Lajes Mistas com Fôrma de Aço Incorporada em Estruturas de Concreto Armado”, ao qual o mesmo conclui que as barras de ancoragem empregadas na laje tiveram participação nas transferências de esforços da laje para a viga executada em concreto, não tendo perigo de ruína na ligação.

2.4 Comparativo de custos

Para o estudo comparativo entre as lajes, levou-se em consideração uma residência unifamiliar com 46,8 m² de construção. A planta da mesma encontra-se na figura 6.

Figura 6: Planta baixa sem escala de residência unifamiliar com 46,8 m².



Fonte: Os autores, 2018.

Os estudos comparativos entre os custos das lajes levam em consideração os preços encontrados através de cotação na cidade de Presidente Prudente/SP, no qual estão descritos nas tabelas 1,2, e 3 sendo apresentado na tabela 4 o resumo de todos os custos.

Tabela 01: Laje Maciça h8.

Laje Maciça h10	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Concreto fck 25 Mpa	M³	5,00	R\$ 285,00	R\$ 1.425,00
Escoramento - Mensal	Unid.	120,00	R\$ 4,12	R\$ 494,40
Armadura	KG	400,00	R\$ 4,60	R\$ 1.840,00
Formas madeirite plastificado	Unid.	20,00	R\$ 65,00	R\$ 1.300,00
Chapisco	M²	46,80	R\$ 5,00	R\$ 234,00
Reboco	M²	46,80	R\$ 15,00	R\$ 702,00
Massa Corrida - Lata 18L	Unid.	2,00	R\$ 69,00	R\$ 138,00
Tinta - Lata 18L	Unid.	1,00	R\$ 259,00	R\$ 259,00
Mão de obra Servente. - Chapisco + Reboco	Hora	13,57	R\$ 14,43	R\$ 195,84
Mão de obra Pedreiro. - Chapisco + Reboco	Hora	140,40	R\$ 19,36	R\$ 2.718,14
			Custo Total	R\$ 9.306,38
			Custo/m²	R\$ 198,85

Tabela 02: Laje Trelaçada com lajota cerâmica.

Laje Trelaçada c/Lajota Cer.	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Concreto fck 25 Mpa	M³	3,00	R\$ 285,00	R\$ 855,00
Laje Trelaçada (Trilho + Lajota)	M²	46,80	R\$ 27,00	R\$ 1.263,60
Escoramento	UNID.	28,00	R\$ 4,12	R\$ 115,36
Armadura	KG	240,00	R\$ 4,60	R\$ 1104,00
Chapisco	M²	46,80	R\$ 5,00	R\$ 234,00
Reboco	M²	46,80	R\$ 15,00	R\$ 702,00
Massa Corrida - Lata 18L	Unid.	2,00	R\$ 69,00	R\$ 138,00
Tinta - Lata 18L	Unid.	1,00	R\$ 259,00	R\$ 259,00
Mão de obra Servente. - Chapisco + Reboco	Hora	13,57	R\$ 14,43	R\$ 195,84
Mão de obra Pedreiro. - Chapisco + Reboco	Hora	140,40	R\$ 19,36	R\$ 2.718,14
			Custo Total	R\$ 6.931,95
			Custo/m²	R\$ 162,07

Tabela 03: Laje Steel Deck.

Laje Steel Deck	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Concreto fck 25 Mpa	M³	3,00	R\$ 285,00	R\$ 855,00
Steel Deck	M²	46,80	R\$ 70,00	R\$ 3.276,00
Tela soldada Q92	Unid.	4,00	R\$ 130,00	R\$ 520,00
Fundo preparador Galvite - Lata 3,6 L	Unid.	1,00	R\$ 87,00	R\$ 87,00
Esmalte Sintético	Unid.	2,00	R\$ 84,00	R\$ 168,00
Parafuso Alto Atarrachante	Unid.	412,00	R\$ 0,30	R\$ 123,60
Mão de obra pintura e instalação	M²	1,00	R\$ 1000,00	R\$ 1000,00
			Custo Total	R\$ 6.029,60
			Custo/m²	R\$ 128,84

Tabela 04: Tabela resumo.

TIPO DE LAJE	LAJE MACIÇA	LAJE TRELIÇADA	LAJE STEEL DECK
Custo/m²	R\$ 198,85	R\$ 162,07	R\$ 128,84

Tendo em vista a cotação realizada obteve-se os preços por metro quadrado para execução das lajes. Ressalta-se que para a laje maciça e treliçada com lajota e EPS foram adotados como acabamento superficial a utilização de chapisco seguido de reboco e finalização em pintura com tinta. Para a composição do preço da laje Steel Deck considerou-se sua aplicação sem utilização de forro, apenas com emprego de pintura com esmalte sintético. Notando assim, o menor custo da laje Steel Deck seguida da laje treliçada e maciça.

3 CONCLUSÃO

Diante dos fatos expostos conclui-se que a utilização das lajes Steel Deck na construção civil, apresenta-se como solução que faz a junção de um bom aspecto mecânico e baixo custo além de ser eficaz quando comparado com os métodos convencionais de execução existentes no mercado, tendo como acabamento, caso o usuário deseje a pintura com esmalte sintético, proporcionando uma melhor aparência.

Além de ter o melhor custo benefício quando comparada aos outros tipos de lajes, faz também muito bem ao meio ambiente, eliminando o uso de fôrmas de madeira, além da não utilização de escoramentos.

Sendo assim, a utilização deste sistema de construção de lajes vem de encontro com a falta de recursos sentida pela população, principalmente as proprietárias de pequenas residências, que acumulam o maior número de casas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projetos de Estrutura de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

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

ARCHDAILY - **Tipos de lajes de Concreto: Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/889035/tipos-de-lajes-de-concreto-vantagens-e-desvantagens>>. Acesso em 03 de Agosto de 2018.

BONINI, S. do N.; Lajes Mistas *Steel Deck*: **Estudo comparativo com lajes maciças de concreto armado quanto ao dimensionamento estrutural**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre - RS, 2013.

CBCA – **Centro Brasileiro da Construção em Aço**. – Disponível em <<http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detelhes.php?cod=6415>>. Acesso em 03 de Agosto de 2018.

PRA CONSTRUIR BLOG: **Estrutura de concreto armado: Laje**. Disponível em: <<http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/laje/>>. Acesso em 03 de Agosto de 2018.

REIS, L. V. N. dos; **Lajes mistas com fôrma de aço incorporada: aplicações, dimensionamento e metodologia de análise numérica**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. São Carlos - SP, 2012.

SILVA, M. A. F. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. 2005. 239 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2005.

SILVA, H. J. F. et al. **Utilização de lajes mistas com fôrma de aço incorporada em estruturas de concreto armado**. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 4, 2000, São Paulo. Resumo... São Paulo: EPUSP, 2000. p. 1-18.

SPOHR, V. H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**. 2008. 107f. Dissertação (Mestrado em Construção

Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.