ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE LAJES ALVEOLARES, MACIÇAS E TRELIÇADAS

Weslley Vieira DA COSTA[1]
João Bosco Moreira JÚNIOR[2]
Paulo Vitor Alves SANTANA[3]
Tássio Henrique Ribeiro SILVA[4]

RESUMO

O objetivo do artigo é demonstrar a importância econômica e os benefícios no processo de execução de uma obra utilizando lajes alveolares. A pesquisa é bibliográfica de caráter descritivo. Como objetivo geral trabalhar com lajes alveolares para se ter rapidez na execução da obra. Como resultados tem-se um comparativo da utilização de laje alveolar em relação aos outros tipos de lajes, comparar custos da laje alveolar com os demais tipos de lajes, identificar a redução do tempo de execução da obra. Concluímos que com a utilização das lajes alveolares proporcionou a rapidez na execução e o ganho de tempo com a redução de mão de obra e evitar desperdício de materiais, redução na geração de resíduos na obra.

PALAVRAS-CHAVE: Rapidez; Execução; Mão de Obra; Ganho de tempo.

ABSTRACT

The purpose of this article is to demonstrate the importance and benefits in the process of executing a work using hollow core slabs. The research is descriptive bibliographic. Its sample is made by means of a bibliographical survey about the proposed theme, focused on readings of books and authors relevant to the subject. As a general objective to work with hollow core slabs to speed up the execution of the work. As a result, a comparison of the use of hollow core slabs in relation to other slabs. We conclude that with the use of hollow core slabs, the execution speed and time savings were verified.

KEYWORDS: Speed; Execution; Labor; Saving time.

[1] Instituto Luterano de Ensino Superior - ILES ULBRA – Itumbiara/GO - Brasil, e da Faculdade Santa Rita de Cássia – UNIFASC – Itumbiara/GO – Brasil.- weslleyvieiracad@hotmail.com
[2] Alunos do sétimo, nono e décimo período do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Santa Rita de Cássia-UNIFASC- joaoboscojr1@hotmail.com.
[3] Alunos do sétimo, nono e décimo período do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Santa Rita de Cássia-UNIFASC - paulocdavitor@outlook.com
[4] Alunos do sétimo, nono e décimo período do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Santa Rita de Cássia-UNIFASC - tassioh.eng@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Este artigo pretende demonstrar como é feito o processo de lajes alveolares em edificações, identificando a utilização da mesma em uma obra na cidade de Itumbiara-GO, bem como suas vantagens no processo de execução, podendo destacar rapidez no prazo de entrega e redução desperdícios de materiais nos canteiros de obras.

As lajes alveolares são elementos pré-fabricados preenchidos com massa de concreto e possui alvéolos dando sustentação a peça e diminuição da taxa de armação na sua execução. Seu processo se viabiliza através da utilização de um núcleo rígido central, composto por placas maciças, cordoalhas ou cabos.

Nesta direção, elaborou-se o questionamento qual a sua aplicabilidade, importância e benefícios no processo de execução da obra?

Elaborou-se como hipótese que sua importância é dar agilidade ao processo de execução de uma obra, ganho de tempo e redução de desperdícios. Seus benefícios são vários, dentre eles os mais comuns são: redução do prazo de execução e entrega da obra, redução de mão de obra, redução de custos e evitar desperdícios.

Segundo Ordónez e Doniak (2010, p.24) as vantagens são:

> [...] qualidade assegurada (durabilidade, resistência, estética); sistema construtivo modular adaptável às necessidades da arquitetura proposta para a edificação e compatível, na interface, com projetos complementares; produtividade: totalmente industrializado – as peças são produzidas na indústria e montadas na obra); velocidade;atendimento a cronogramas.

A sua importância ambiental consiste na diminuição da poluição provocada pelos resíduos a níveis satisfatórios, haja vista que as peças são fabricadas em local apropriado e são transportadas até o local de montagem.

Para o meio científico oferece novas técnicas construtivas para dar agilidade a obra e divulgar os resultados das construções que possuem técnicas empregadas durante as fases de execução dos empreendimentos ocasionando na aprovação e testes das técnicas usuais descobertas, sendo que, no processo de montagem acontece de diferentes formas, pois são únicas.

A crescente demanda por habitações nos países emergentes enseja urgência de construções com custo acessível. Muitos são os intervenientes até que se obtenham resultados

efetivos. Dentre as soluções que podem facilitar esse processo, está a industrialização da construção. A pré-fabricação do concreto apresenta muitas vantagens em relação aos sistemas construtivos tradicionais (ORDÓNEZ; DONIAK, 2010).

A pré-fabricação em concreto pode ser usada para todas as categorias de elementos estruturais (pilares, vigas, painéis de lajes) utilizadas em residências e edifícios habitacionais. As vantagens fundamentais da utilização desses sistemas são a elevada resistência e durabilidade e a resistência ao fogo. A melhor solução será determinada através do custo x benefício, levando em consideração as condições específicas de um determinado empreendimento (ORDÓNEZ; DONIAK, 2010).

A grande oferta e procura por imóveis tem aquecido o mercado da construção civil, assim torna-se necessário o uso de novas técnicas para execução. Os pré-fabricados têm sido usados por várias empresas construtoras ou clientes que cada vez mais tem pouco tempo para executar e precisa de novas técnicas e mão de obra especializada.

Justifica-se essa pesquisa para evidenciar os custos das lajes com as lajes alveolares, além da sua utilização e processo executivo.

1.1 METODOLOGIA

Para investigação está sendo utilizados livros das bibliotecas das unidades de ensino, bem como artigos publicados em sites confiáveis, buscando assim o respaldo teórico científico para a elaboração desta pesquisa. Foram elaborados diversos fichamentos sobre o tema em questão, realizados em grupos, buscando promover dessa forma, o debate e a troca de ideias entre os autores consultados.

O objeto a ser pesquisado, painéis alveolares, poderá ser evidenciado através de pesquisas. Segundo Castilho; Borges; Pereira (2011, p.67) “sujeito ou objeto de pesquisa é o que será estudado, que pode ser um determinado grupo de pessoas, fatos, ou mesmo leis inseridas na sociedade nos seus diversos âmbitos".

Segundo Castilho; Borges; Pereira (2017, p. 66) “sujeito ou objeto de pesquisa é o que será estudado, que pode ser um determinado grupo de pessoas, fatos, ou mesmo leis inseridas na sociedade nos seus diversos âmbitos".

A coleta de dados dentro da pesquisa bibliográfica utilizou-se do método comparativo, que dentro das explicações Castilho; Borges; Pereira (2017, p.22) é o **“**estudo das semelhanças e diferenças entre os diversos tipos de grupos, sociedades ou povos. Contribui para uma melhor compreensão do comportamento humano. Este realiza

comparações com a finalidade de verificar similitudes e divergências”.

Nesta direção, informa-se que a análise dos dados será por pesquisa qualitativa que consiste em: "prioridade de ideias, coisas e pessoas que permite que sejam diferenciadas entre si de acordo com as suas naturezas. Sendo que o objeto da pesquisa foi tratado de forma severamente diferente da modalidade anterior de investigação. E que a pesquisa qualitativa também pôde ter um conteúdo altamente descritivo e deixando os dados quantitativos incorporados em suas análises. Assim afirmou que o fato de o tratamento qualitativo de um problema, pode até ser uma opção do pesquisador, onde apresentou uma forma adequada para poder entender a relação de causa e efeito do fenômeno e consequentemente chegar a sua verdade e razão (CASTILHO; BORGES; PEREIRA, 2017, p.19).

O estudo foi viável para ter conhecimento de novas técnicas que podem ser implantadas na construção civil e na execução de obras utilizando lajes alveolares, porém devido ao alto custo dos materiais os painéis devem ser feitos no próprio canteiro de obras onde já serão usados ou em uma fábrica. Haja visto, que os mesmos são usados em obras de médio e grande porte que precisam atender um projeto com bastante esforços e carga em sua parte estrutural, sendo assim a utilização deste sistema construtivo é uma das excelentes soluções em obras que requer pouco tempo para execução, com isso teremos velocidade e atendimento do cronograma.

2. DESENVOLVIMENTO DO REFERENCIAL TEÓRICO

Com o avanço das novas tecnologias o setor da construção civil foi obrigado a buscar novas soluções para processo de execução das obras, haja vista que a modernização está presente cada vez mais em nosso cotidiano.

Ao realizar o estudo do processo de fabricação de Lajes Alveolares, foi realizada uma visita técnica em uma empresa para conhecer o processo de fabricação da mesma. Durante a visita o Engenheiro técnico responsável fez considerações sobre a pista de protensão, que a mesma deve ser ao nível do solo, onde é preparado as formas com aplicação de desmoldante.

Figura 1 – Pista de protensão

Fonte Acervo dos Autores (2020)

São posicionadas as cordoalhas (cabos) que foi protendidos pela parte positiva e desprotendida após concretagem pela parte negativa, esse processo de protensão é feito com um macaco de pressão, após ser protendido são protegidas as cordoalhas para não impregnar o concreto ao ser adensado e assim facilitar a desprotensão das cordoalhas/cabos que devem correr ao realizar o processo de desprotensão.

Figura 2 - Processo de protensão e desprotensão

Fonte Acervo dos Autores (2020)

Durante o processo de lançamento (concretagem) da pista é usado um equipamento que ao passar pelo local concretado (pista) produz os alvéolos por método de extrusão, assim retira concreto. O processo de desprotensão é feito um dia após a concretagem, o equipamento macaco de pressão quando atingir carga indicado pelo projeto e alivia a pressão e as cordoalhas se ancora ao concreto.

Figura 3 – Equipamentos para produção de alvéolos após concretagem da pista

Fonte Acervo dos Autores (2020)

O engenheiro responsável que após o processo de desprotensão das peças é feito o corte molhado com uso de um equipamento, sendo o corte das peças com tamanhos de acordo com o especificado em projetos.

Figura 4 – Processo de corte da viga após cura e desprotensão

Fonte: Acervo dos Autores (2020).

[1]Engenheiro responsável técnico da Fábrica “X” visitada.

Figura 5 – Processo de corte da viga após cura e desprotensão

Fonte: Acervo dos Autores (2020).

Após o corte das peças, conforme informado pelo responsável técnico é realizado processo de estocagem dentro da própria fábrica, aguardando transporte das peças para seus destinos de montagem (obras).

Figura 6 – Laje alveolar pronta em processo de estocagem

Fonte: Acervo dos Autores (2020).

[1]Engenheiro responsável técnico da Fábrica “X” visitada.

Pauta-se nas exposições de Melo (2007) que:

> O uso de lajes alveolares são usadas no segmento industrial, principalmente em galpões, possui em sua composição um tipo de massa de concreto que dão segurança a execução da obra. Embora esses painéis possuam células de ar em seu interior os mesmos são capazes de promover isolamento acústico no ambiente (MELO, 2007, p.71).

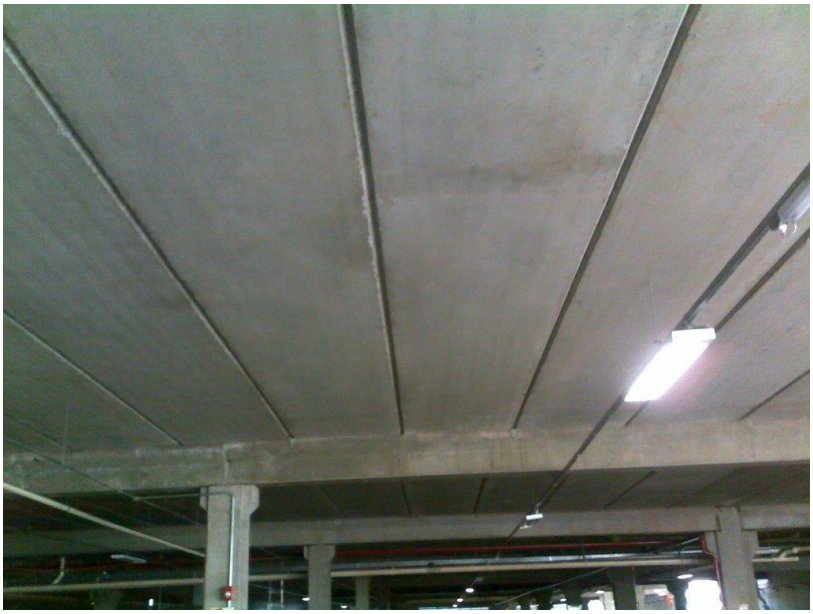
As lajes alveolares são usadas em galpões industriais, além de construções residenciais que necessitam de serem construídas em pouco prazo, mas com qualidade. Permitindo assim rapidez na execução da obra, além da qualidade assegurada (durabilidade, resistência e estética). Uma vez que as lajes já possuem um padrão de medidas estabelecido em seu processo de produção, podendo ter largura de 1,20 m e seu comprimento até 15 m, e as espessuras são de 10, 15, 25, 30cm. A relação entre água e cimento, deve atender os padrões estabelecidos em pela norma NBR 6118:2014 na tabela 7.1 e 7.2.

Abaixo figuras 7 e 8 da obra A executada em Itumbiara-GO, onde foi usada laje alveolar no estabelecimento.

Figura 7 – Vista da Fachada da Obra A

Fonte: Acervo dos Autores (2020)

Figura 8 - Execução e Montagem das Lajes Alveolares



Fonte Acervo dos Autores (2020)

Atualmente, cada vez mais os curtos prazos para entrega das obras e o desejo do cliente faz necessário uso de novas técnicas construtivas, sendo uma delas as Lajes Alveolares. Sua utilização traz várias vantagens descritas abaixo.

Segundo El Debs (2000) e Cassol (2007), as vantagens quanto a utilização de lajes alveolares são:

> Qualidade e confiabilidade: devido à produção industrial dos painéis alveolares, existe maior controle dos materiais e das dimensões das peças. Além disto, a utilização de equipamentos de extrusão garante a qualidade de concretagem e permite a utilização de concretos com baixa relação água/cimento. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.10).

É feito um controle de qualidade dos materiais e no processo de fabricação da laje alveolar, garantindo com isso qualidade no produto final.

> Eliminação de cimbramento: lajes alveolares são dimensionadas para serem auto portantes, mesmo quando existem outros carregamentos permanentes além do peso próprio. Isto permite a eliminação do escoramento. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.11).

A utilização dessas lajes dispensa o uso de andaimes e escoramentos no processo de montagem das mesmas.

> Redução de serviços na obra: alguns serviços podem ser eliminados em alguns casos deste tipo de laje, como por exemplo, serviços de carpintaria, armação e revestimento, além do recebimento, estoque, transporte e manuseio de todos os materiais envolvidos nestas etapas. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.11).

Profissionais como carpinteiros e armadores não precisam ser contratados nessa fase da construção, bem como a compra de madeira e aço.

> Versatilidade: as lajes alveolares podem ser utilizadas em qualquer tipo de estrutura, seja pré-moldada ou com concreto moldado no local. Também podem ser utilizadas em estruturas metálicas, porém necessitando de alguns procedimentos adicionais. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.11).

Não existe um sistema específico de estrutura para a aplicação das lajes alveolares, podendo ser pré-moldada, moldada in loco e até mesmo em estruturas metálicas.

> Facilidade de transporte e montagem: o processo de montagem das lajes alveolares é simples e repetitivo, e o rendimento por equipe é elevado. Devido ao elevado rendimento de execução, o armazenamento dos materiais necessários é facilitado e o tempo de estocagem é mínimo. Somente os painéis e eventualmente o aço para a malha de distribuição deverão ser recebidos e descarregados com auxílio de guindaste. Concluída a montagem dos painéis alveolares, é possível o início imediato do preenchimento das juntas e execução da capa de concreto. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.11).

O trabalho é facilitado desde a armazenagem dos materiais até a execução da capa de concreto, assim economiza-se em tempo, espaço e mão de obra.

> Possibilidade de atingir maiores vãos: as lajes alveolares são capazes de atingir grandes vãos, mesmo com elevadas sobrecargas, apresentando peso próprio reduzido (comparado às lajes convencionais) e pequenas deformações. Estas propriedades facilitam o layout e aperfeiçoam a estrutura. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.12).

Por suportarem grandes vãos e terem o peso próprio reduzidos geram economia em materiais e consequentemente economia no custo da obra.

> Economia: a economia do sistema de lajes alveolares está na redução de materiais e mão de obra e também na redução acentuada dos prazos de execução. A economia se torna maior para obras com curtos prazos de entrega, canteiros de obras pequenos e elevadas áreas. (EL DEBS; CASSOL, 2007, p.12).

As lajes alveolares por serem práticas e rápidas de serem executadas economizam no tempo de entrega da obra.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Resultados:

O estudo de caso da obra “A” executada em Itumbiara-GO, onde foi usada laje alveolar no estabelecimento, demonstrando as vantagens e desvantagens do uso de lajes alveolares. A Laje Alveolar, por se tratar de um procedimento recente os estudos apontam a redução de tempo da obra, reduz desperdício de materiais e desnecessidade de escoramento,

sem prejuízo da qualidade do serviço. Desta forma, para verificar sua real viabilidade, elaborou-se os seguintes objetivos:

Relacionar os critérios determinantes para escolha da laje alveolar, como questões técnicas, custos ou indicação de terceiros;

1. Analisar a facilidade de montagem e execução do sistema;

2. Aferir o preço do produto (insumo);

3. Apurar a facilidade de aquisição no mercado local ou na região;

Assim, cumpridos os objetivos propostos e em resposta ao estudo de caso diante das pesquisas realizadas com o emprego das lajes alveolares feito por proprietários, engenheiros e empresa que executaram a edificação, e a fim de verificar a viabilidade deste método, constatou-se que os critérios para a escolha de lajes alveolares foram: o projeto estrutural onde havia grandes vãos, atendendo a necessidade do projeto estrutural que era vão de 12 m lineares sem presença de pilares intermediários, o que justificou seu uso, além de preocupação de conforto térmico e acústico, devido ao fato de ter sido usado em outra unidade do grupo o mesmo sistema construtivo. Na montagem das lajes alveolares foram necessários 10 dias, desconsiderando o período de produção das mesmas na fábrica;

Os tipos de lajes utilizado são tabelados de acordo com a fabricante nosso caso a empresa "A" utilizaram os seguintes tipos L20050, L20200, L20300, L25400 esses códigos é determinado pela à altura do perfil de laje que varia entre 15, 20, 25 e 30cm e a relação da sobrecarga kgf/m² e comprimento do vão.

Tabela 1 – Custo total da obra

Tipos de Laje	L20050, L20200, L20300, L25400	
Quantidade	R$	1.400,78
Preço Médio (m²)	R$	163,50
Custo das Lajes (m²)	R$	171.360,00
Frete das Lajes	R$	45.161,25
Guindaste	R$	12.380,00
Valor Total (MO)	**R$**	**230.465,53**

Fonte: (Empresa "A", 2020)

O prazo de execução da obra diante do curto cronograma com o uso das lajes alveolares possibilitou a abertura de frentes de serviço, principalmente pela desnecessidade de escoramento nas lajes. A cidade mais próxima do local da obra (Itumbiara-GO) é uma fábrica de lajes alveolares localizada na cidade Uberlândia-MG, embora as lajes utilizadas na execução da obra foram adquiridas em Sorocaba-SP. O conforto térmico e acústico ganhou relevância em razão da obra estar situada próxima a uma rodovia federal.

Nas tabelas 2 e 3 apresentadas os custos totais da estrutura para cada uma das alternativas de lajes analisadas.

Tabela 2 – Custos para laje treliçada com EPS (Isopor)

PLANILHA DE PREÇO LAJE TRELIÇADA COM EPS					
VÃO ATÉ	ENCHIMENTO	LAJE	ÁREA	PREÇO UM	SUB-TOTAL
(m)			(m²)	(R$/m²)	(R$)
12	EPS	TR-20	151,38	R$ 140,58	R$ 21.281,00
7,67	EPS	TR-20	452,62	R$ 79,80	R$ 36.119,08
10,16	EPS	TR-25	558,8	R$ 125,85	R$ 70.324,98
10,02	EPS	TR-25	237,98	R$ 90,52	R$ 21.541,95
					R$ 149.267,01

Observação: Não incluso Frete, Descarga e Mão de obra para Montagem.

Fonte: (Empresa “B”, 2020)

A terceira coluna da tabela 2 segundo a NBR 14859-3, especifica (TR) sendo treliças e o numeral em sequência discriminando sua altura.

Como se pode observar na alternativa em laje treliçada com lajota EPS (Tabela 2) a diferença equivale em 25,76% (R$ 51.794,31) do custo total em relação a alternativa da Laje alveolar (Tabela 4). Não sendo considerado os seguintes itens: locação de escoras metálicas, valor de frete, descarga e montagem.

Tabela 3 – Custos para laje maciça

PLANILHA DE PREÇOS - LAJE MACIÇA				
DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	VALOR MO	TOTAL
Concreto 30 MPA	m³	145,68	R$ 320,00	R$ 46.617,60
Armação CA-50	kg	8400	R$ 6,00	R$ 50.400,00
Forma com Chapa	m²	1400,78	R$ 62,70	R$ 87.828,91
Escoramento metálico	m²	1400,78	R$ 12,00	R$ 16.809,36

	R$ 201.655,87

Observação: Não incluso Frete, Descarga e Mão de obra para Montagem.

Fonte: (Empresa “C”, 2020)

Nota-se que a alternativa em laje maciça (Tabela 3) além demorar meses para a execução, a mesma necessita de formas de madeira resinada, escoramento metálico e espera da cura do concreto de acordo com NBR 6118. Tornando preço do insumo mais elevado e não viável em relação ao custo da laje alveolar a diferença e de (594,55) 0,30% a mais em relação a laje alveolar.

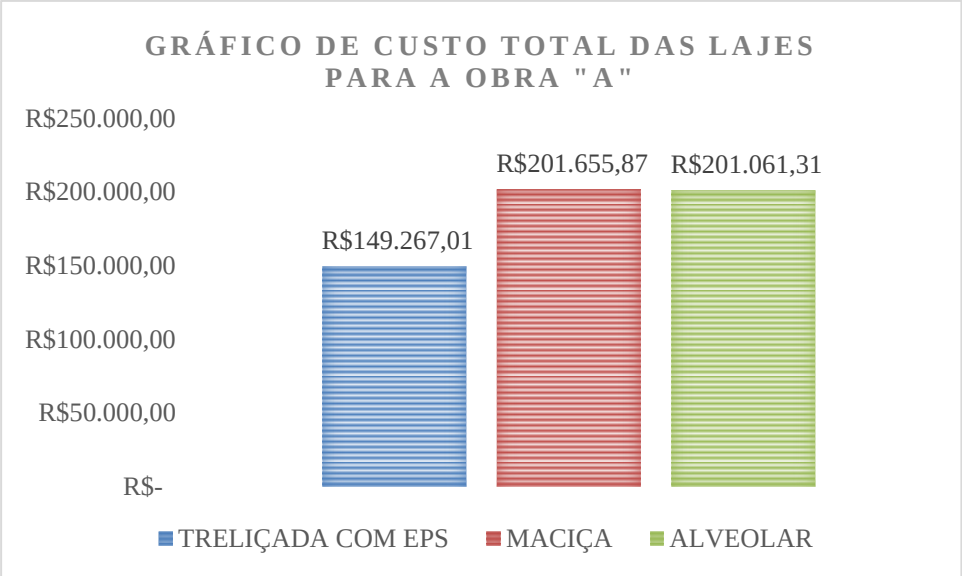
Tabela 4 – Custos para laje alveolar

PLANILHA DE PREÇOS - ALVEOLAR					
(m)	(kgf/m²)		(m²)	(R$/m²)	(R$)
VÃO	SOBRECARGA	LAJE	ÁREA	PREÇO UN	SUB-TOTAL
12	200	L25400	151,38	R$ 179,81	R$ 27.219,64
7,67	200	L20050	452,62	R$ 129,82	R$ 58.759,13
10,16	200	L20300	558,8	R$ 145,91	R$ 81.534,51
10,02	200	L20200	237,98	R$ 140,97	R$ 33.548,04
					R$ 201.061,31

Fonte: (Empresa “D”, 2020)

Percebe-se pela Tabela 4 que os valores de preço unitário variam conforme tamanho do vão e sua altura em que será executado a laje. Nesse orçamento não foi considerado valor de frete, descarga e montagem devido ser componentes serem a parte em relação ao fornecimento das lajes alveolares. Não considerado também locação de munck e guindastes.

Gráfico 1 – Custos total das lajes



Fonte: Autor e Co-autores (2020)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo demonstra viabilidade econômica na utilização de lajes alveolares em comparação com outros tipos de lajes: treliçada com EPS e Laje Maciça. Por fim, ressalta-se o uso da laje alveolar na obra só é viável, em atender cronogramas de curtos prazo, se a referida laje for produzida na mesma cidade ou no próprio canteiro de obra, haja vista que caso esta venha de outra cidade ou distância considerável da sua montagem será necessário frete, descarga e montagem que não foram considerados nos orçamentos que fica por conta do contratante.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma brasileira Regulamentadora, 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:<https://www.galaxcms.com.br/up_arquivos/1149/NBR61182014-20190807180913.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2017.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma brasileira Regulamentadora, 14859-3: **Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas - Requisitos: citações em documentos**. Rio de Janeiro, Dezembro/2017. Disponível em: https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/11565/abnt-nbr14859-3-lajes-pre-fabricadas-de-concreto-parte-3-armadura-trelicadas eletrossoldadas-para-lajes-pre-fabricadas-requisitos>. Acesso em: 09 mai. 2017.

CASSOL PRÉ-MOLDADOS. **Manual Técnico – Lajes Alveolares**. 2007.

CASTILHO, Auriluce Pereira; BORGES, Nara Rúbia Martins; PEREIRA, Vânia Tanús, (orgs.) **Manual de metodologia científica do ILES Itumbiara/GO**. 3. ed. Itumbiara: ILES/ULBRA, 2017.
Disponível em: <http://www.ulbra.br/upload/986eb63036cdfc35003049362f114dd7.pdf> Acesso em: 09 mai. 2017.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-Moldado: fundamentos e aplicações**. EESC-USP. 1ª edição. São Carlos. 2000.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados de Concreto.**2. ed. rev. São Paulo: Pini, 2007.

ORDÓNEZ, David Férnadéz; DONIAK, Íria Lícia Oliva. Industrialização em concreto – solução para o desenvolvimento habitacional.**Concreto& Construções –** IBRACON. São Paulo. Edição 59. Ano 38, p. 21-26. Jul. Ago. Set. 2010.