UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
GUSTAVO SANCHOTENE BRAGA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA E PRÉ-LAJE EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Tubarão (SC)
2021

GUSTAVO SANCHOTENE BRAGA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA E PRÉ-LAJE EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.ª. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.

Tubarão (SC)

2021

GUSTAVO SANCHOTENE BRAGA

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA E PRÉ-LAJE EM OBRAS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 02 de novembro de 2021.

Lucimara A. S. A.

_____

Professora e orientadora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Prof. Maurício Alberto Büchele Motta, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

_____

Prof. Charles Mendes de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho especialmente à minha família.

Meus pais, que sempre me apoiaram nesses longos anos de graduação para que eu pudesse enfrentar todas as situações.

Meu irmão, que sempre me incentivou em realizar o curso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus, por me guiar nesses longos anos realizando este curso, e assim me impulsionando para enfrentar os obstáculos.

Agradecer à Prof.ª. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, orientadora deste trabalho, pela paciência e por sempre estar disposta a auxiliar na elaboração deste trabalho, vindo a ser a base principal para a construção do mesmo.

Agradecer a minha família, pelo apoio de sempre.

Aos meus pais, Ivan Braga e Leini Aparecida Sanchotene, pela paciência e auxílio na minha vida acadêmica, a vocês minha eterna gratidão.

Agradecer aos meus grandes amigos que apesar da distância, sempre me apoiaram na realização do curso.

Aos Professores Maurício Alberto Büchele Motta e Charles Mendes de Souza, pelo tempo concedido para participar da banca avaliativa do trabalho.

Agradecer as empresas construtoras, que me proporcionou a realização deste estudo.

“Mesmo desacreditado e ignorado por todos, não posso desistir, pois para mim, vencer é nunca desistir.” (Albert Einstein).

RESUMO

Este estudo aborda a padronização e a racionalização entre a alvenaria estrutural e ao tipo de laje utilizada, que através do processo construtivo conhecido como construção modular, facilita a execução da edificação, ou seja, os materiais são fabricados em determinada fábrica e consequentemente transportados para a obra e posteriormente montados de acordo com o projeto. Em vista disso, o trabalho tem como objetivo comparar a laje pré-moldada treliçada e pré-laje em obras de alvenaria estrutural, com destaque para a racionalidade e custo. A pesquisa inicialmente apresenta os princípios básicos sobre o assunto através da revisão bibliográfica que expõe os parâmetros de projetos, as características e individualidades dos métodos adotados e, posteriormente necessitou de buscas e consultas com empresas e engenheiros para obter os quantitativos do objeto de estudo, os quais formam os índices estabelecidos para a comparação. Com a planta do pavimento tipo foi possível comparar os custos entre a pré-laje (laje painel) e a laje pré-moldada treliçada, que por intermédio de um software foram feitos os cálculos para o levantamento de materiais e consequentemente obtidos os valores de cada insumo. Assim, o custo total de cada laje foi de R$ 64.122,67 para a laje painel e R$ 47.430,40 para a laje treliçada, obtendo uma diferença significativa de R$ 16.692,27 por pavimento. Com isso, chegou-se à conclusão que para o empreendimento obter um rendimento em relação ao tempo de execução, racionalização e organização na obra a alvenaria estrutural juntamente com a laje painel, seria a melhor opção. Porém, financeiramente o valor será mais elevado.

Palavras-chave: Racionalização. Alvenaria Estrutural. Pré-laje. Laje Pré-moldada Treliçada. Custo.

ABSTRACT

This study addresses the standardization and rationalization between the structural masonry and the type of slab used, which through the constructive process known as modular construction, facilitates the execution of the building, that is, the materials are manufactured in a certain factory and consequently transported to the work and then assembled according to the project. In view of this, the work aims to compare the precast lattice slab and pre-slab in structural masonry works, with emphasis on rationality and cost. The research initially presents the basic principles on the subject through a literature review that exposes the design parameters, characteristics and individualities of the methods adopted and, later, it required searches and consultations with companies and engineers to obtain the quantitative of the object of study, the which form the established indices for the comparison. With the floor plan of the type, it was possible to compare the costs between the pre-slab (panel slab) and the precast lattice slab, which through a software calculations were made for the survey of materials and, consequently, the values of each were obtained. input. Thus, the total cost of each slab was BRL 56547.67 for the panel slab and BRL 47430.40 for the lattice slab, obtaining a significant difference of BRL 9117.27 per floor. Thus, it was concluded that for the enterprise to obtain an income in relation to the execution time, rationalization and organization in the work, the structural masonry together with the panel slab would be the best option. However, financially the value will be higher.

Keywords: Rationalization. Structural Masonry. Pre-slab. Lattice Precast Slab. Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Obra Executada em Alvenaria Estrutural 20
Figura 2 - Bloco de Concreto 21
Figura 3 - Família 29 e 39 22
Figura 4 - Dimensões nominais 23
Figura 5 - Dimensões da espessura das paredes dos blocos em função da classe 23
Figura 6 - Blocos cerâmicos 25
Figura 7 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais 25
Figura 8 - Amarração de parede em L (a) e parede em "T" (b) 28
Figura 9 - Rendimento da edificação 30
Figura 10 - Corte da laje maciça 32
Figura 11 - Laje pré-moldada treliçada 34
Figura 12 - Elementos da laje treliçada 35
Figura 13 - Escoramentos da pré-laje 36
Figura 14 - Especificações técnicas do painel 37
Figura 15 - Aplicação da pré-laje no canteiro de obras 38
Figura 16 - Pavimento tipo da laje painel 42
Figura 17 - Ligação alvenaria / laje 44
Figura 18 - Pavimento tipo da laje pré-moldada treliçada 45
Figura 19 - Demonstração de encontro alvenaria / laje 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento para laje painel 43
Tabela 2 – Levantamento de materiais para laje painel 43
Tabela 3 – Levantamento para laje pré-moldada treliçada 45
Tabela 4 – Levantamento de materiais para a laje pré-moldada treliçada 46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo Laje Painel x Laje Treliçada 47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens da laje maciça 33
Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens da laje pré-moldada treliçada 35
Quadro 3 - Vantagens e Desvantagens da pré-laje 39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **14**
1.1 JUSTIFICATIVA 15
1.2 OBJETIVOS 16
1.2.1 Objetivo geral **16**
1.2.2 Objetivos específicos **16**
2 REVISÃO DE LITERATURA **17**
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL 17
2.1.1 Breve histórico **18**
2.1.2 A racionalidade da alvenaria estrutural **18**
2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO 19
2.2.1 Blocos de concreto **20**
2.2.2 Blocos cerâmicos **24**
2.2.3 Argamassa de assentamento **26**
2.2.4 Graute **26**
2.2.5 Armadura **27**
2.2.6 Aspectos importantes na execução **27**
2.3 FATORES ECONÔMICOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL 28
2.4 ASPECTOS IMPORTANTES PARA O TEMPO DE EXECUÇÃO 29
2.5 LAJES 30
2.5.1 Lajes maciças **31**
2.5.2 Lajes pré-moldada treliçada **34**
2.5.3 Pré-laje **36**
3 METODOLOGIA DA PESQUISA **40**
3.1 TIPO DE PESQUISA 40
3.2 DEFINIÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO 40
3.3 COLETA DE DADOS 41
3.4 ANÁLISE DOS DADOS 41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES **42**
4.1 LAJE PAINEL 42
4.2 LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA 44
4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE AS LAJES 47

5 CONCLUSÃO **49**
REFERÊNCIAS **50**

1 INTRODUÇÃO

No Brasil a alvenaria estrutural, do modo racional, começou a ser implementada na década de 60, e foi ganhando espaço nos anos seguintes através dos novos métodos e das tecnologias que vieram a existir possibilitando um estudo mais preciso sobre ele. Logo, a alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes são utilizadas, simultaneamente, como elementos de vedação e como elementos resistentes ás cargas verticais de peso próprio e de ocupação e às cargas horizontais devidas ao vento, ou seja, abrangendo a função estrutural do edifício (OLIVEIRA; BATISTA, 2017). Entre as vantagens, está a redução do consumo de formas de madeira, aço e concreto, do tempo de obra, dos custos, do desperdício de material e, por fim, uma maior organização do canteiro de obras (GONÇALVES; MARTINS, 2014).

Este sistema, em geral, é muito usual em edifícios de pavimentos modularizados e com um mesmo arranjo. Quando, através de um projeto bem idealizado e conduzido, é sem dúvida, como mencionado acima, ideal para redução de tempo e custo da obra. Então, através de uma obra bem planejada, as paredes não sofrem “rasgos” para inserir as tubulações elétricas e hidrossanitárias (PRADO NETO et al., 2015). Comparando com o sistema convencional (vigas, pilares e paredes), a velocidade de execução da alvenaria estrutural é mais elevada porque se dá apenas no levantamento das paredes, tornando a aplicação muito mais simples e reduzindo o problema em encontrar mão de obra qualificada (LEITE, 2012).

Segundo Zechmeister (2005), a falta de padronização do sistema construtivo de alvenaria estrutural no país, resulta em prejuízo no seu emprego, assim como na compatibilização destes elementos com os demais. Então, a padronização destaca-se na intercambiabilidade, que reduz os custos e, além disto, integra valor às unidades. Para o setor industrial, a otimização e a padronização da dimensão dos componentes podem provocar um avanço na produção, através do aperfeiçoamento tecnológico. No entanto é viável incrementar a capacidade da unidade de alvenaria e, dessa maneira, tornar-se mais competitiva.

Portanto, a pré-laje faz parte do processo construtivo conhecido como construção modular. Pois, o método de montagem dos componentes de uma estrutura começa em uma fábrica e, a medida que os conjuntos completos ou subconjuntos vão sendo fabricados, os mesmos serão transportados para uma determinada obra, onde serão montados adequadamente através dos métodos construtivos.

Através da NBR 9062 (ABNT, 2017), a principal diferença entre pré-fabricados e pré-moldados, é que o pré-fabricado oferece maiores garantias de qualidade, segurança e

durabilidade. Sendo que o pré-moldado não exige um controle de qualidade rigoroso, mas oferecendo dentro dos seus parâmetros uma ótima confiabilidade.

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido ao tema ser pouco debatido no período da graduação, o sistema construtivo em alvenaria estrutural através do desenvolvimento de pesquisas, da criação de novas normas e das tecnologias, ganhou mercado na construção civil, apesar de ainda o sistema convencional de concreto armado ser muito usual devido a uma maior liberdade arquitetônica, execução de maiores vãos e possibilidade de reformas. Então, a alvenaria estrutural restringe-se a esses tipos de processos e tem como principal vantagem, a racionalização. Portanto, através deste sistema, as empresas buscam adquirir vantagem na produtividade e reduzir os custos e os prazos. Contudo, já sabemos que o sistema de alvenaria estrutural é economicamente viável comparado com o sistema convencional em concreto armado. O uso de pré-laje seria uma forma de melhorar ainda mais um sistema que já tem uma série de vantagens.

Logo, a realização deste estudo está voltada para um comparativo entre os dois tipos de lajes em alvenaria estrutural: laje pré-moldada treliçada e pré-laje.

A opção da tipologia da laje em obras de alvenaria estrutural encontra-se indubitavelmente ligado com a exigência de que as lajes e as paredes trabalhem simultaneamente na contenção das cargas horizontais. Sendo assim, a escolha das lajes está relacionada com a presença da rigidez (MACHADO, 2014). Desse modo, seria vantajoso a execução de lajes maciças, as quais garantem uma boa redistribuição de tensões, mas o custo se torna elevado.

Então, o estudo da pré-laje em alvenaria estrutural vai nos mostrar inúmeros benefícios, como por exemplo, a redução em até 50% na utilização de lajes pré-moldadas, comparado com o sistema convencional com o uso de formas e concretagem “in loco”, ou seja, cerca de 12% do custo total da obra (ALVES, 2014).

Já o elemento pré-fabricado, tem como benefício: elementos produzidos na fábrica, que através da tecnologia da automação, é possível preparar a armação, aplicar a montagem de formas e preparar e lançar o concreto, ou seja, todo o processo é controlado. Desse modo, diminui em até 45% do uso de materiais, em até 30% no consumo de energia e em até 40% no desperdício com demolição (MASSARO, 2019).

Com isso, fica estabelecida a questão principal: como as empresas da construção civil tratam os métodos de laje pré-moldada treliçada e pré-laje em alvenaria estrutural?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é comparar a laje pré-moldada treliçada e pré-laje do ponto de vista técnico-financeiro e apresentar a concepção sobre o uso destas lajes em obras de alvenaria estrutural, respeitando-se as características que as tornam viáveis no aspecto construtivo.

1.2.2 Objetivos específicos

Para auxiliar no alcance com sucesso do objetivo geral, fica estabelecido como objetivos específicos:

a) Estudo da bibliografia sobre os conceitos de racionalização, produtividade e organização da produção, com o intuito de auxiliar o estudo teórico sobre laje pré-moldada e pré-laje em alvenaria estrutural;

b) Análise da construção modular, o que facilita a elaboração do projeto e a mão de obra, garantindo uma execução padronizada;

c) Comparar a laje pré-moldada treliçada com a pré-laje com ênfase na racionalidade e no custo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados a Alvenaria Estrutural, a economia e o tempo de execução do sistema e os tipos de lajes (pré-moldada treliçada, maciça e pré-laje) com as vantagens e desvantagens das mesmas.

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

Denominamos de alvenaria o sistema de elementos justapostos agrupados em sua interface, por uma determinada argamassa colante, resultando em um componente vertical coeso. Esse componente coeso auxilia na vedação de espaços, nas resistências às cargas provenientes da gravidade, na garantia da segurança, na resistência a impactos, à ação contra o fogo, no isolamento acústico, no conforto térmico e na proteção de entrada de vento e chuva na edificação. Portanto, com essas vantagens, essenciais ao sistema, os blocos de concreto, oferecem diversos benefícios significativos no que se refere à racionalização do sistema comparada com o método tradicional (TAUIL; NESE, 2010).

Através do processo construtivo não se aplica o uso de pilares e vigas, pois na edificação, as paredes são chamadas de portantes, compondo a estrutura da mesma. Resultando nas cargas uniformemente distribuídas ao longo da estrutura. Apenas existirá armações e grauteamento nos encontros de parede, quando necessário (VELHOS; JÚNIOR, 2018).

É de suma importância ressaltar como a alvenaria estrutural vem sendo um dos métodos mais empregado na construção civil.

> A alvenaria estrutural é um sistema construtivo muito utilizado desde a antiguidade e que ainda hoje permanece em constante transformação pela introdução de novos materiais que propiciam um progresso efetivo nas técnicas de execução, tornando esse sistema eficiente em termos de segurança e rapidez de produção (MOHAMAD, 2007, P.1007).

Portanto, o conceito de alvenaria estrutural se da no processo em que os blocos desempenham a função estrutural da edificação, com a condição de que os blocos serão dimensionados, preparados e executados de modo racional (MACHADO, 2017).

2.1.1 Breve histórico

A alvenaria é um dos processos construtivos que vem desde a antiguidade, com aprimoramentos no decorrer dos séculos. No século XIX o concreto armado assumiu um papel predominante nas edificações e, com a melhoria do cimento as estruturas são importantes nessa fase junto às estruturas metálicas, pois apresentavam ótimas vantagens em relação às pesadas edificações de alvenaria. Então próximo de 1950 surgiram normas que permitiriam cálculos mais precisos das paredes e das resistências das alvenarias, facilitando retorno da alvenaria estrutural na Europa nessa década (SANTOS FILHO; GOMES, 2015).

Como a alvenaria estrutural foi inserida no Brasil nos anos 60, iniciou-se com a construção do conjunto habitacional Central Parque da Lapa em São Paulo com 4 pavimentos, em alvenaria armada, destinado a população de baixa renda. Devido à falta de estudos, materiais e técnicas no Brasil, a moradia resultou em uma obra com soluções demoradas e elevado custo (MACHADO, 2017).

O ápice da Alvenaria Estrutural no Brasil, da forma racionalizada foi na década de 80, dissipada com a construção dos conjuntos habitacionais, classificada como um sistema para baixa renda. Então, através do seu enorme potencial de economia, inúmeras construtoras e fabricantes de blocos investiram nesse sistema com o propósito de torná-la mais vantajosa (KALIL, 2005).

Portanto a Alvenaria Estrutural vem sendo amplamente utilizada na construção civil, no que se refere aos conjuntos habitacionais de baixa renda, de importante aplicação. O que garante uma qualidade racional do sistema (RICHTER, 2007).

2.1.2 A racionalidade da alvenaria estrutural

É um conjunto de subsistemas que exerce uma interação entre si através da escolha de materiais, métodos e técnicas empregadas para a estruturação do sistema. Com isso é fundamental o conhecimento das normas e critérios para haver uma relação entre esses pontos e estipular qual será o melhor sistema a ser aplicado. Então os principais elementos são as estruturas, vedações, instalações e coberturas (NAZARIO; BENEDET, 2018).

O Processo sistêmico da construção sintetiza perdas à utilização de concreto, armação e mão de obra. Logo os conjuntos habitacionais tornam-se viáveis, o que torna mais simples na hora da execução e facilita o controle de qualidade, pois os elementos apresentam estruturas uniformes comparado com o sistema convencional. A possibilidade de

simplificação é o grande sucesso da alvenaria estrutural, garantindo a modernização do método construtivo, em que a vantagem com a velocidade na execução e qualidade do material final são os principais diferenciais. Para garantir a resistência em sua utilização, o sistema deve exigir um arranjo e exatidão de execução, pois os blocos não permitem reparação. As paredes são delineadas bloco a bloco, e o grande feito está exatamente nesses pontos (A INDÚSTRIA..., 1998).

É indispensável que tudo seja planejado para que seja executado, ao mesmo tempo, a parte elétrica e hidrossanitária da edificação, de maneira que os elementos se encaixem alternadamente. A racionalização é de suma importância para que as dimensões das paredes não fiquem em discordância do padrão, evitando assim a necessidade de futuros reparos (RODRIGUES; MATUTI, 2018).

2.2 SISTEMA CONSTRUTIVO

A Alvenaria Estrutural é um método construtivo na qual toda estrutura é constituída em alvenaria como mostra a Figura 1, sendo projetado para resistir cargas além do seu peso próprio. Assim o método desempenha a função estrutural e de vedação da edificação (SANTOS FILHO; GOMES, 2015).

Dividindo-se em 4 tipos:

- **Alvenaria Estrutural Não Armada:** Acontece quando não serão utilizadas armações ou quando a mesma é usada apenas para amarração, não havendo a função de absorção das cargas. As armaduras construtivas e de amarração, são fundamentais para dar flexibilidade ao sistema, barrando ou diminuindo a fissuração, também acrescentando segurança contra esforços que não foram previstos, evitando o colapso sucessivo.
- **Alvenaria Estrutural Armada:** Possui armaduras em determinados vazados dos blocos ou entre tijolos, grauteadas de forma correta, absorvendo as cargas de projeto, além de manter as armaduras construtivas e de amarração.
- **Alvenaria Estrutural Parcialmente Armada:** Se trata quando parte da estrutura tem paredes com armaduras para resistir às cargas, sendo que as outras paredes não são classificadas como armadas, exceto as armações com finalidade construtiva ou de amarração.

- **Alvenaria Estrutural Protendida:** A armadura é pós-tensionada, consequentemente sendo ativa (SANTOS FILHO; GOMES, 2015).

Figura 1 - Obra Executada em Alvenaria Estrutural

Fonte: http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1536.

Na Alvenaria Estrutural é de suma importância salientar os conceitos fundamentais de elemento e componente. Um componente é uma unificação básica que irá representar um elemento, e no final forma-se a estrutura. Portanto, tem-se como componentes fundamentais da alvenaria estrutural os blocos, argamassa, graute e armadura. E os elementos são a peças produzidas através da união dos componentes formando as paredes, pilares, vergas, etc (NAZARIO; BENEDET, 2018).

Uma obra em Alvenaria Estrutural deve conter sobretudo resistência às cargas de ventos, esforços verticais, proteção contra fogo, isolamento térmico e acústica e ainda deverá oferecer estanqueidade de água da chuva e do ar (NAZARIO; BENEDET, 2018).

2.2.1 Blocos de concreto

Os blocos são os principais componentes responsáveis por indicar as características resistentes da estrutura (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

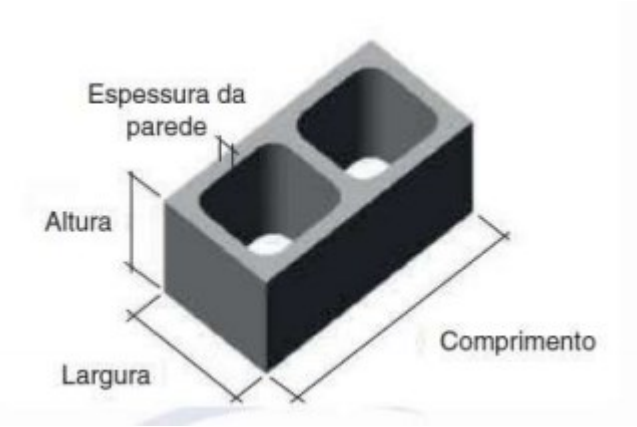
Quando se constrói edifícios em Alvenaria Estrutural é necessário a aplicação da NBR 6136 (ABNT, 2016), que determina os requisitos de fabricação e aplicação dos blocos. Os componentes são constituídos por uma combinação de cimento Portland, agregados e água. Deverão apresentar uma aparência homogênea e compacta, com ângulos vivos, sem fissuras e textura áspera devidamente adequada para dar aderência aos revestimentos. E

também as resistências deverão ser seguidas conforme especificado pela norma (NONATO, 2013).

Através da NBR 6136 (ABNT, 2016), qualquer peça aplicada fazendo uma união de mais componentes, através da argamassa de assentamento, forma uma estrutura prismática, chamada de Alvenaria Estrutural. Entretanto vários materiais são capazes de serem empregados como bloco. Os mais usuais são os blocos de concreto e os blocos cerâmicos.

Na fabricação de blocos de concreto, Figura 2, são aplicados cimento Portland, água e agregados. O bloco precisa obter uma resistência, então são calculados os traços para a medida correta dos materiais. O bloco não deve ser impermeável, pois o mesmo deverá absorver a agua do assentamento, então a água é um fator importantíssimo no momento de calcular o traço. Assim a argamassa e bloco necessitam ter um bom equilíbrio neste quesito.

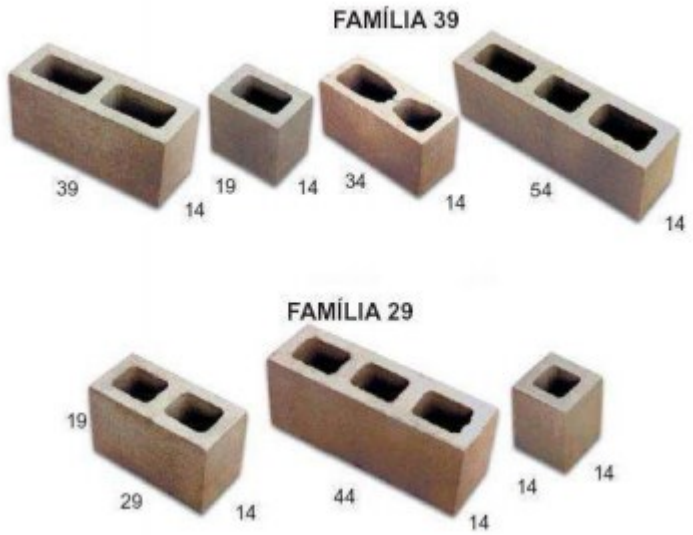
Figura 2 - Bloco de Concreto



Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Os blocos de concreto se dividem entre as famílias 29 e a 39, mostrado na Figura 3. A dimensão do componente da família 39 é um módulo de 20 cm, e sua largura é de 15 cm, portanto são fundamentais blocos com a finalidade de modular essas medidas. O bloco de 14x19x34 cm é aplicado nas extremidades das paredes, o bloco de 14x19x54 cm é aplicado em encontro de paredes tipo T. Os blocos com dimensão de 14x19x39 são aplicados em comprimentos de parede e para a modulação nas extremidades de portas e janelas são utilizados os meios blocos de 14x19x19.

Figura 3 - Família 29 e 39



Fonte: https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/blocos_concreto.php.

Segundo a ABCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002), a família 29 não possui uma medida padrão na norma de blocos estruturais, apenas diz que é usado como vedação, sendo encontrado para compra na medida em módulo de 15 cm, com a largura na mesma dimensão.

Através da NBR 6136 (ABNT, 2016), temos as seguintes medidas:

a) medidas nominais: medidas de vendas dos blocos, apontada pelos fabricantes, múltiplas do módulo M = 10 cm e seus sub módulos M/2 e M/4;
b) medidas reais: são as medidas alcançadas ao medir cada bloco, correspondentes às medidas nominais diminuídas em 1 cm, que equivalem à espessura média da junta de argamassa, mostrado na Figura 4;
c) blocos modulares: aqueles com medidas coordenadas, para a aplicação de alvenarias modulares, ou seja, componentes com dimensões múltiplas do módulo M = 10 cm e seus sub módulos M/2 e M/4.

Figura 4 - Dimensões nominais

Família			20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	7,5x40
Medida Nominal mm	Largura		190	140		115			90		65
	Altura		190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

NOTA 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de aproximadamente 2,0 mm para a largura e de 3,0 mm para altura e comprimento.

NOTA 2 - Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinda de acordo com a ABNT NBR 15873.

NOTA 3 - As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

A parede do bloco deve conter uma espessura mínima como mostra a Figura 5. É possível uma tolerância nas dimensões das paredes sendo de 1,0 mm para cada valor individual.

Figura 5 - Dimensões da espessura das paredes dos blocos em função da classe

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais [a] mm	Paredes transversais	
			Paredes [a] mm	Espessura equivalente [b] mm/m
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

[a] Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

[b] Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2016).

Portanto, os blocos modulares possuem uma vantagem fundamental sobre os não-modulares na coordenação modular, que é o comprimento igual a duas vezes a largura mais a junta, resultando em número menor dos tipos de componentes na obra, facilitando o serviço (NAZARIO; BENEDET, 2018).

Os componentes precisam ser vazados, permitindo a passagem das instalações e do grauteamento. Como o bloco é vazado, permite uma enorme economia de argamassa de assentamento (NAZARIO; BENEDET, 2018).

> Os blocos vazados de concreto devem atender, quanto à resistência à compressão, às classes de resistência mínima conforme a tabela 3 da NBR 6136: 2016, que estabelece para as classes A, B e C, respectivamente, fbk³ 6,0 MPa, fbk³ 4,0 MPa e fbk³ 3,0 MPa. Quanto às dimensões, a NBR 6136: 2016 admite as especificações, com tolerâncias dimensionais de ± 3 mm para a altura e comprimento e ± 2 mm para a largura. O desrespeito às tolerâncias gera: desalinhamentos e desaprumos das paredes, custos adicionais com consumo de argamassa de revestimento e alteração da excentricidade de cargas (RIBEIRO, 2009, P. 2).

2.2.2 Blocos cerâmicos

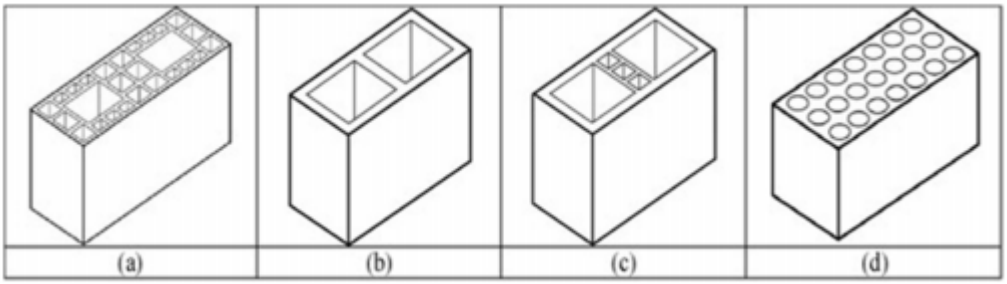
As unidades estruturais em cerâmicas são fabricadas pela queima da argila em altíssima temperatura, acima de 800ºC, moldados por extrusão (SABBATINI, 2002).

Através dessa análise, fica constatado que a qualidade das unidades cerâmicas depende muito da qualidade da argila, que é utilizada como matéria-prima para a fabricação do bloco.

> Os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possuem furos prismáticos perpendiculares à face que os contém, sendo produzidos para serem assentados com os furos na vertical. Os blocos cerâmicos classificam-se em: (a) bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas; (b) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças; (c) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) e (d) blocos cerâmicos estruturais perfurados (MOHAMAD, 2015, p. 91-92).

Os componentes cerâmicos também apresentam suas classificações, mostrado na Figura 6, em relação as suas características e dimensões a serem utilizadas.

Figura 6 - Blocos cerâmicos



Fonte: NBR 15270-2 (ABNT, 2017).

As unidades cerâmicas devem ser preparadas e fabricadas conforme as especificações de medidas como comprimento, largura e altura, como manda a norma NBR 15270-2 (ABNT, 2017), mostrado na Figura 7.

Dessa forma os blocos cerâmicos com divisões vazadas devem conter espessuras mínimas em suas paredes internas e externas, sendo de 7 mm e 8 mm, respectivamente (MOHAMAD, 2015).

Os componentes como os blocos e tijolos cerâmicos da Alvenaria Estrutural deverão apontar as propriedades físicas como aspecto, dimensão, porosidade adequada e dentro do esquadro, conforme recomenda as normas. Através da NBR 15270-2 (ABNT, 2017), a taxas de absorção de água das unidades cerâmicas não poderão ser inferior a 8% e nem superior a 22% (CICHELERO; MURARO, 2017).

Figura 7 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões L x H x C	Dimensões de Fabricação (cm)					
			Comprimento (C)			
Módulo Dimensional M = 10 cm	**Largura (L)**	**Altura (H)**	**Bloco principal**	**½ Bloco**	**Amarração (L)**	**Amarração (T)**
(5/4M) x (5/4M) x (5/2M)		11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4M) x (2M) x (5/2M)			24	11,5	-	36,5
(5/4M) x (2M) x (3M)	11,5	19	29	14	26,5	41,5
(5/4M) x (2M) x (4M)			39	19	31,5	51,5
(3/2M) x (2M) x (3M)			29	14	-	44
(3/2M) x (2M) x (4M)	14	19	39	19	34	54
(2M) x (2M) x (3M)			29	14	34	49
(2M) x (2M) x (4M)	19	19	39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L.
Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

Fonte: NBR 15270-2 (ABNT, 2017).

2.2.3 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento tem o objetivo de unir as unidades, transferindo os esforços entre os blocos e ajustando pequenas variações, reunindo as características de trabalhabilidade, plasticidade, durabilidade e resistência da construção. Desse modo o material compensa as imperfeições, distribui os esforços e tem a função de vedar, protegendo da chuva e do vento. É de suma importância que a resistência da argamassa e dos blocos tenham o mesmo critério (NONATO, 2013).

A resistência da argamassa deve conter de 70 a 100% da resistência do bloco. Se a resistência da argamassa for elevada, não significa que também irá elevar a resistência da parede, cuidando para sempre estar dentro deste percentual (NAZARIO; BENEDET, 2018).

Portanto as espessuras das juntas de assentamento devem ser de 1,0 cm. Espessuras menores ou maiores que esta, fazem com o que as concentrações de tensões fiquem desalinhadas, dessa maneira prejudicando a resistência da parede (NAZARIO; BENEDET, 2018).

2.2.4 Graute

O graute nada mais é do que um tipo de concreto de alta plasticidade, com a função de garantir e aumentar a resistência à compressão da parede, através do preenchimento da seção transversal da unidade. Se ao usar o graute e armadura na mesma seção, o graute eliminará as cargas de tração, podendo ocasionar fissuras na alvenaria (NAZARIO; BENEDET, 2018).

O graute é utilizado no vazio da seção do bloco, aumentando a área da unidade e então garantindo mais resistência no ponto grauteado, ou seja, garante uma maior resistência de sobrecargas (PASTRO, 2007).

Para aumentar a resistência da edificação, o bloco, o graute e armadura deverão andar lado a lado. Para isso acontecer, o graute deve ter resistência duas vezes maior que o bloco e as armaduras deverão ser totalmente envolvidas, havendo uma aderência entre os três elementos para formar um conjunto único (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

O processo de grauteamento é demorado e conta com um custo elevado, então o calculista/projetista deve evitar ao máximo o uso do mesmo, caso o tempo de execução venha a ser reduzido, como em edificações de habitação social, que possuem prazos menores (NAZARIO; BENEDET, 2018).

2.2.5 Armadura

As armaduras são barras de aço que muito das vezes são utilizadas com o graute para eliminar as cargas de tração, como também tem a função de amarrar as paredes. Para as amarrações de parede existe também os grampos, que garante à obra uma boa resistência mecânica, entretanto não evita descolamento de parede. O uso deste material cria uma ação a mais na hora da execução e é de difícil inspeção. Portanto deve-se evitar ao máximo o uso desses tipos de amarrações (NONATO, 2013).

Na Alvenaria Estrutural em alguns determinados pontos, é necessário o uso de aço nas vergas e contraverga, mesmo o método não sendo em concreto armado. Assim, as armações funcionam como vigas que atendem solicitações de esforços de tração e compressão. Para aumentar as características de resistência pontuais, também é usual a armadura no graute (PASTRO, 2007).

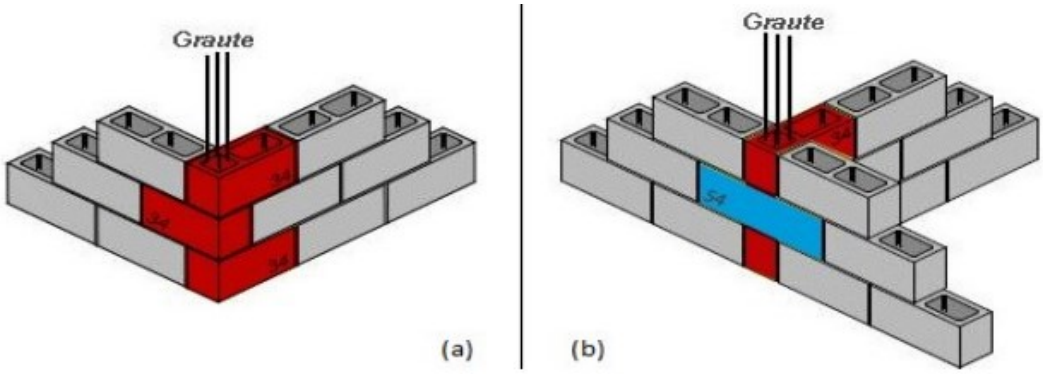
2.2.6 Aspectos importantes na execução

No levantamento da Alvenaria Estrutural existe um importante aspecto que não deve passar despercebido que, é o caso de não poder haver desaprumo na parede, pois se isso acontecer, a resistência à compressão diminuirá significativamente, e então precisando compensar na espessura do reboco para alinhar a parede, gerando um custo a mais para a obra. As amarrações de paredes são de suma importância, pois nesses determinados pontos são onde os esforços são transferidos de uma parede para outra, garantindo a sua real função estrutural (VELHOS; JÚNIOR, 2018).

Através do projeto é definido onde serão os pontos de grautes (Figura 8) e assim deverão ser demarcados durante a execução. As passagens das tubulações e as instalações hidrossanitárias e elétricas são executadas conforme o levantamento da parede, sendo embutidas no interior dos blocos. Desse modo não é feito rasgos nas paredes para a instalação das tubulações, o que não é aceitável na Alvenaria Estrutural e ainda gera desperdício (VELHOS; JÚNIOR, 2018).

Para a passagem de tubulações verticais do sistema hidráulico existe o espaço denominado shaft. O tamanho do shaft depende do projeto e pode ser vedado com painéis pré-fabricados ou parafusado na parede. Para um melhor manuseio futuro, deve-se evitar os impactos para manutenção do sistema hidráulico, sendo aconselhado usar ferramentas apropriadas (VELHOS; JÚNIOR, 2018).

Figura 8 - Amarração de parede em L (a) e parede em "T" (b)



Fonte: https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/alvenaria-como-sistema-estrutural-estagios/.

2.3 FATORES ECONÔMICOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Os métodos construtivos com alto grau de produção, junto com as melhorias na industrialização, facilita a execução das edificações de interesse social e, então, essas obras aderiram à ideia da racionalização. Focando na padronização, componentização e modulação. Portanto a racionalização acarreta no emprego de maneira mais satisfatória dos recursos do método construtivo, além de verificar no projeto os pontos como eficiência, otimização e economia (NAZARIO; BENEDET, 2018).

Através da padronização, os materiais são feitos de formas similares, capaz de serem adquiridos dentro dos limites toleráveis, com as mesmas dimensões, formatos, qualidade e resistência. Já na componentização, os conjuntos de componentes possuem correlação entre eles, podendo ser modificados sem implicar a estrutura dos demais como um todo (MELLO, 2004).

Segundo Mello (2004), a pré-fabricação se da na produção adiantada dos componentes padronizados, assim garantindo agilidade para uma rápida execução no canteiro de obras. Por último a modulação que determina as dimensões de vários componentes que serão utilizados na edificação. Desse modo, a racionalização tem o objetivo de ser mais eficiente para o processo construtivo, focado em várias etapas do processo de execução.

O emprego da Alvenaria Estrutural está relacionado à padronização dimensional, não possibilitando reparações futuras, tal fato que a estrutura está ligada as paredes. Assim, fez com o que o sistema desse uma importância em espaços de aplicação nas construções de padrões econômicos. Portanto as edificações mantém um padrão de dimensões e estruturas, exigindo um melhor emprego de materiais, gerando uma grande economia comparando com outros métodos construtivos. Então o projeto em Alvenaria Estrutural deverá conter um layout

fixo e repetitivo nos pavimentos, mantendo um padrão no levantamento das paredes para que elas se sobreponham. Desta forma haverá uma vantagem da Alvenaria Estrutural através da viabilidade e da competitividade (NAZARIO; BENEDET, 2018).

No decorrer dos últimos anos, a Alvenaria Estrutural é estudada para obter aperfeiçoamento com o intuito de se alcançar a produtividade máxima. Com o auxilio de equipamentos que facilitam a movimentação dos blocos e dos demais materiais, concedendo o uso de escadas e lajes pré-moldadas em edifícios mais baixos e pré-lajes em edificação mais altas. Deste modo os fabricantes de blocos melhoraram suas mercadorias e já existe argamassa estrutural e grautes com variadas resistências, fornecidas em materiais plásticos (NAZARIO; BENEDET, 2018).

2.4 ASPECTOS IMPORTANTES PARA O TEMPO DE EXECUÇÃO

A Alvenaria Estrutural deverá conter um escopo do projeto. Esse escopo fornece ao cliente e a equipe de trabalho as necessidades do objeto do projeto e também as etapas das ações através de um contexto de atividades técnicas (TAUIL; NESE, 2010).

Determinar o escopo do projeto remete a definição do propósito da execução e, para isso, é de suma importância ouvir o cliente, suas exigências e anseios. Qualquer projeto de uma obra possui um propósito futuro, dimensão almejada, objetivo de utilização e previsão da economia. De fato, é muito importante que essas questões sejam rebatidas anteriormente, para que não ocorra perda de tempo e de recursos durante a execução. Portanto, o escopo do projeto mostra os elementos ou princípios de um conjunto de atividades que devem ser vistoriadas e avaliadas durante seu desenvolvimento (TAUIL; NESE, 2010).

Com um mínimo de informações, é possível identificar a proposta, montar o escopo das atividades e inseri-las no tempo. O escopo de projeto deve ser seguido de um cronograma de atividades. Através das atividades, relações e tempo, esses itens são ações decisivas para o sucesso do trabalho (TAUIL; NESE, 2010).

A equipe de trabalho competente, juntamente ligada ao método racionalizado do canteiro de obras, transforma-se em uma linha de produção industrial, com funcionários dedicados à rotina e ao planejamento do escopo (JÚNIOR; BRESCIANINI, 2018).

Tendo em vista os aspectos apresentados, é depois da execução da fundação e vigas baldrames que pode-se notar as discrepâncias entre os dois métodos. Na Alvenaria Estrutural, depois de concluir a primeira laje, é possível levantar o prédio conforme a competência da equipe de trabalho. Portanto, em um mês é possível erguer a alvenaria e

concretar três lajes, pelo motivo de que a alvenaria pode ser elevada enquanto a laje está no processo de cura, pois a parede (vedação) já suporta o carregamento da estrutura (CICHELERO; MURARO, 2017).

Então, duas etapas, que seriam indispensáveis para a obra em concreto armado, são efetuadas em uma só etapa na Alvenaria Estrutural, pois o tempo de preparação das formas, armação e concretagem dos pilares e das vigas são desprezados, para o sistema de Alvenaria Estrutural (CICHELERO; MURARO, 2017).

Através da análise de uma obra, observou-se a conclusão de sete pavimentos com quatorze lajes, isso em apenas 5 meses (Figura 9). Essa velocidade de execução, com a mesma mão de obra, é inviável para uma edificação em uma obra convencional, devido a várias etapas que este método exige, como tempo de forma e desforma, esquadro, nível de vigas e pilares, aferição do prumo, etc (CICHELERO; MURARO, 2017).

Figura 9 - Rendimento da edificação

Fonte: Cichelero; Muraro, 2017, p. 55.

Outro ponto positivo importante para o tempo de execução está na organização do canteiro de obras. Na Alvenaria Estrutural os próprios blocos estruturais são acondicionados e distribuídos na própria laje, o que contribui na produtividade e no rendimento da equipe e consequentemente o canteiro se torna mais limpo.

2.5 LAJES

Segundo Brandalise e Wessling (2015) a laje é definida como uma placa, chapas planas submetidas sobretudo a esforços normais como fluxo de pessoas, móveis, equipamentos, impactos, etc., sendo transferidas para a estrutura. São executadas em concreto,

concreto armado ou protendido e, então, existem quatro critérios quanto à classificação das lajes, são elas:

- Forma: podem ser retangulares, quadradas, triangulares, em L, circulares, etc.;
- Natureza: existem lajes maciças, nervuradas, mistas, em grelha, duplas e pré-fabricadas;
- Tipo de apoio: podem ter apoio contínuo, discreto e em apenas uma região de sua dimensão;
- Tipo de armação: as lajes podem ser armadas em uma só direção ou em duas, podendo ser chamadas de armadas em cruz ou bidirecional.

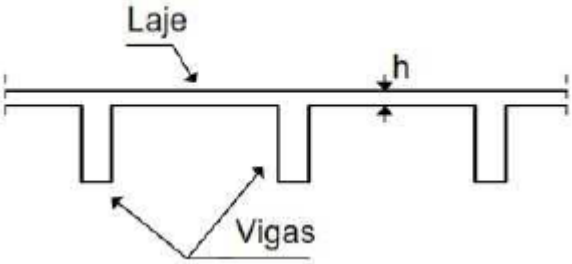
2.5.1 Lajes maciças

As lajes maciças são aquelas configuradas por ter sua espessura constituída em concreto, envolvendo armação de flexão e, se necessário, armaduras transversais, sendo capaz de ser apoiadas em vigas ou paredes (Figura 10). Vindo a ser de concreto armado ou concreto protendido e muito usual em edificações de múltiplos pavimentos e obras de grande porte. Normalmente em obras de pequeno porte esse tipo de laje não é muito utilizável (BASTOS, 2021).

Através do item 13.2.4.1 da NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (ABNT, 2014), as lajes maciças seguem os critérios mínimos para determinar a espessura:

- 7,0 cm para cobertura não em balanço;
- 8,0 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de L/42 para lajes de pisos biapoiadas e L/50 para lajes de piso contínuas;
- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.
  (NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, ABNT, 2014, p.92).

Figura 10 - Corte da laje maciça



Fonte: http://www.editoradunas.com.br

Segundo Brandalise e Wessling (2015), a laje é feita por etapas, seguindo um cronograma de execução, podendo ser divididas em sete etapas:

1) Colocação das fôrmas e dos escoramentos;
2) Colocação das armaduras;
3) Instalação de caixas, tubos e eletrodutos;
4) Preparação e lançamento do concreto;
5) Adensamento do concreto;
6) Cura do concreto;
7) Retirada das fôrmas e dos escoramentos.

Como a laje maciça tem um método executivo mais usual, se torna fácil achar mão de obra para executar a laje. No caso de edifícios de múltiplos pavimentos, a utilização desta laje é muito viável, devido ao reaproveitamento de fôrmas, quando existirem pavimentos tipo, isto é, que são andares que se repetem. Porém, a laje maciça é limitada ao uso de grandes vãos (BRANDALISE; WESSLING, 2015). Como vantagens e desvantagens desse sistema, pode-se mostrar no Quadro 1.

> Comumente são utilizadas lajes maciças nos pisos dos edifícios de concreto armado. Porém, quando projetadas para vencer grandes vãos, essas lajes demandam espessuras tão grandes que a maior parte do carregamento passar a ser constituído por seu peso próprio, o que torna essa solução antieconômica (ARAÚJO, 2003, p. 143).

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens da laje maciça

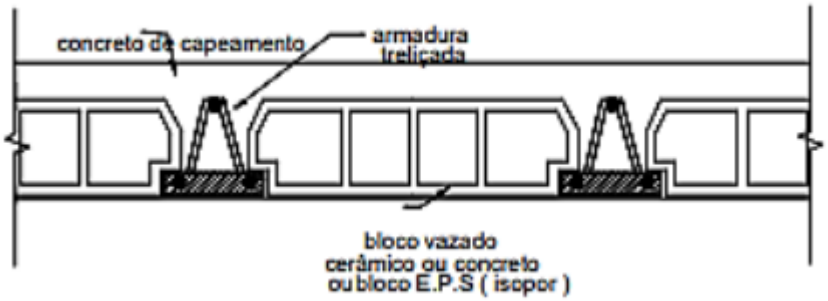
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Oferece funções de placa e membrana.	Elevado consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço.
Bom desempenho em relação à capacidade de redistribuição dos esforços.	Elevado peso próprio implicando em maiores reações nos apoios (vigas, pilares e fundações).
Apropriada a situações de singularidade estrutural (Um, dois ou três bordos livres).	Elevado consumo de mão de obra referente às atividades dos profissionais: carpinteiro, armador, pedreiro e servente.
A exigência de muitas vigas, por outro lado, forma muitos pórticos, que garantem uma boa rigidez à estrutura de contraventamento.	Grande capacidade de propagação de ruídos entre pavimentos.
Foi durante anos o sistema estrutural mais utilizado nas construções de concreto, por isso a mão de obra já é bastante especializada.	Limitação quanto a sua aplicação a grandes vãos por conta da demanda de espessura média de concreto exigida para a situação.
Menos suscetível a fissuras e trincas, uma vez que, depois de seco, o concreto toma-se um monobloco que dilata e contrai de maneira uniforme.	Custo relativamente elevado.
	Devido aos limites impostos, apresenta uma grande quantidade de vigas, fato esse que deixa a forma do pavimento muito recortada, diminuindo a produtividade da construção.
	Tempo muito elevado para execução das fôrmas e da desforma.

Fonte: Brandalise; Wessling, 2015, p. 34.

2.5.2 Lajes pré-moldada treliçada

Na Europa, surgiu a laje treliçada propondo trazer economia, com o intuito de suportar maiores vãos com uma redução significativa no peso próprio e consequentemente reduzindo a mão de obra. As armações das nervuras tem um formato de treliça espacial, onde o banzo inferior é formado por duas barras de aço e o banzo superior por uma barra de aço. Os banzos são ligados através de diagonais de aços (sinusóide), sendo soldadas entre eles. Esse sistema aumenta a resistência às cargas solicitantes. Todo esse sistema de armaduras são unificados a uma vigota de concreto, sendo utilizada de apoio para as peças inertes como os blocos cerâmicos (tavelas) ou EPS, comumente conhecido como isopor, como mostra na Figura 11 (BASTOS, 2021).

Figura 11 - Laje pré-moldada treliçada

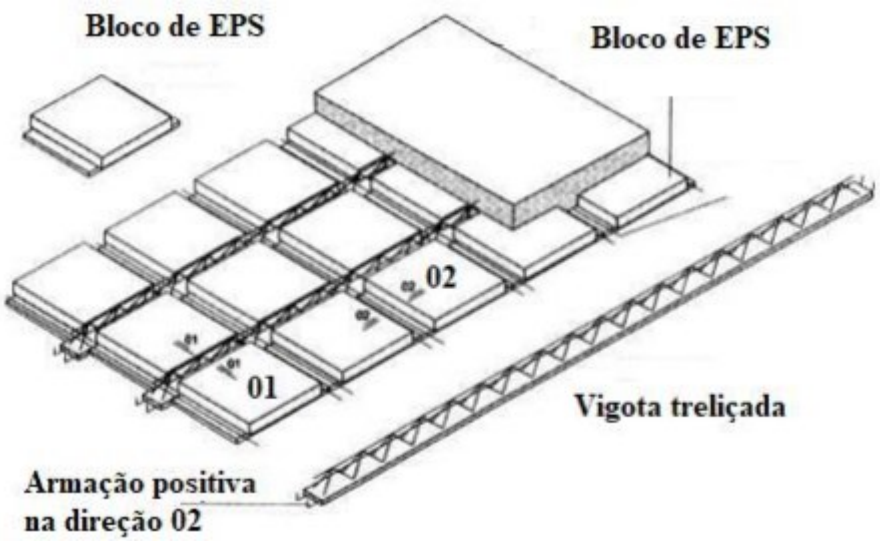


Fonte: Lopo; Vidal, 2020, p. 13.

Ainda segundo Bastos (2021), os blocos cerâmicos (tavelas) ou EPS são usados para dar forma ao concreto, possibilitando uma superfície mais plana à laje, esses materiais devem ser leves e de baixo custo, pois é exatamente com a utilização deles que se obtém a redução do peso próprio da laje, assim vencendo maiores vãos.

Então as lajes pré-moldadas treliçadas, se tornam uma boa opção no mercado, por o peso próprio ser menor ocorre uma redução de esforços que seriam transmitidos para a estrutura, gerando uma economia na obra. Desse modo, a utilização do concreto é significativamente menor devido aos materiais de enchimento, como mostra a Figura 12. As lajes treliçadas estão no mercado brasileiro há cerca de 46 anos, mas com sua expansão ocorrendo a partir dos anos 90. Hoje inúmeras empresas utilizam desse tipo de laje para execução (LOPO; VIDAL, 2020). Como vantagens e desvantagens desse sistema, é mostrado no Quadro 2.

Figura 12 - Elementos da laje treliçada



Fonte: Lopo; Vidal, 2020, p. 14.

Quadro 2 - Vantagens e Desvantagens da laje pré-moldada treliçada

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Redução do peso próprio, resultando na diminuição de cargas nas fundações.	Dificuldade de se realizar as instalações prediais.
Possibilidade de colocar as tubulações elétricas entre a capa de concreto e a base de concreto pré-moldado.	Deslocamentos transversais bem maiores do que as lajes maciças.
Em virtude de bom acabamento da base das treliças, geralmente se utiliza uma camada fina para a regularização da superfície.	
Redução drástica de fôrmas.	
Permite a continuidade das lajes, apenas utilizando armadura negativa entre os apoios, sem que ocorra problema de fixação.	
Reduz a quantidade de estoque, materiais e pessoas na obra. Além disso, reduz o número de ferreiros, carpinteiros e armadores, resultando em uma maior produtividade.	
Reduz o prazo de execução da obra.	

Fonte: Dalben; Bridi, 2015, p. 04.

2.5.3 Pré-laje

Segundo a NBR 14859-1 (ABNT, 2016), são painéis com espessura de 3,0 cm a 5,0 cm e larguras estabelecidas. Composta por concreto e, podendo ser executada industrialmente em uma fábrica, no caso, fora do local do uso ou podem ser executadas no canteiro de obras, através de um alto grau de controle. Ela abrange total ou parcialmente a armação inferior de tração, compondo a seção de concreto da nervura.

Esse tipo de laje vem sendo utilizada há bastante tempo em obras de infraestrutura, como: tabuleiros de pontes e viadutos; coberturas de galerias e reservatórios; estruturas de contenção. As pré-lajes são usadas há pelos menos uma década em edifícios de múltiplos pavimentos, além disso, em obras comerciais ou residenciais, sendo muito usual também em construções de shoppings centers e galpões de indústrias (JÁ É HÁ MUITO TEMPO..., 2017).

Ela reduz drasticamente o uso de escoras e fôrmas (Figura 13), pois elas devem ser apoiadas diretamente nas estruturas. Desse modo, a pré-laje torna-se a melhor alternativa para os construtores que precisam um tempo menor de execução na obra, sem elevação dos custos e de funcionários no canteiro. Nas edificações de múltiplos pavimentos, existem alguns pontos que são importantes na pré-laje para a racionalização da obra, que são as furações hidráulicas, shafts e passagem dos eletrodutos, sendo inseridas na fábrica conforme o projeto (COMO REDUZEM TAMBÉM..., 2017).

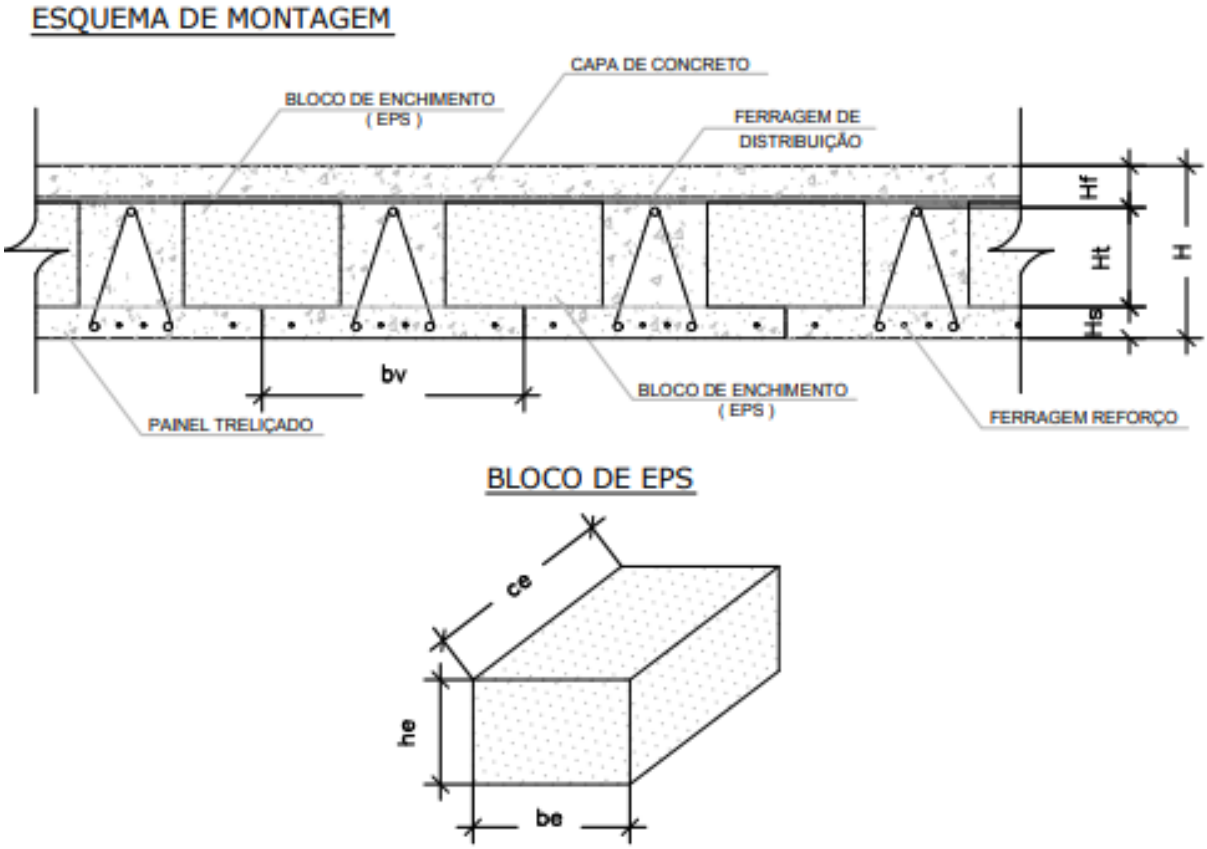
Figura 13 - Escoramentos da pré-laje

Fonte: https://blog.doutorresolve.com.br/2017/01/pre-lajes-de-concreto/.

Através disto, pensando tanto no ponto de vista tecnológico como de produtividade, as pré-lajes de concreto tornam-se extremamente competitivas. A mesma traz com ela o método de racionalização que permite um rápido processo construtivo e, além disso, reduz o desperdício de materiais (AS PRÉ-LAJES DE CONCRETO..., 2017).

Portanto, existe a laje painel (pré-laje), fabricada em pequenos módulos, que permite o fácil manuseio entre a equipe de trabalho, preenchidas com blocos EPS e com vãos de 4,00m a 6,00m. A Figura 14 mostra as especificações técnicas dos painéis.

Figura 14 - Especificações técnicas do painel



	LS4250	LS4400	LS5250	LS5400	LS6250	LS6400
Vão (m)	4	4	5	5	5	6
Sobrecarga de Utilização (kg/m²)	250	400	250	400	250	400
Bloco Enchimento (be x he x ce) cm	15 x 10 x 100	15 x 10 x 100	15 x 10 x 100	15 x 10 x 100	15 x 15 x 100	15 x 15 x 100
Hf (capa de concreto) cm	3	3	3	3	3	3
Ht (cm)	9	9	9	9	13,5	13,5
Hs (cm)	3	3	3	3	3	3
H (cm)	16	16	16	16	20,5	20,5
bv (cm)	25	25	25	25	25	25

Fonte: https://shed.com.br/prelaje.htm

Através de uma visita in loco, observou-se que existe também a pré-laje em painéis maiores que são projetadas e fabricadas para cada ambiente da residência (Figura 15). Ela é composta por uma malha de aço disposta no sentido longitudinal e transversal e por treliças dispostas no sentido longitudinal. Como a pré-laje tem as dimensões maiores, ela deve ser içada por um guindaste para ser apoiada na alvenaria estrutural.

Figura 15 - Aplicação da pré-laje no canteiro de obras

Fonte: http://www.construcar.com.br/site/tipos-de-laje/

Essa opção garante uma concretagem em volumes menores a serem bombeados. Portanto, a cada 100m² das lajes com seção final maciça, são necessários 3,0m³ a menos (DE CARVALHO, 2002). No Quadro 3, estão as vantagens e desvantagens da pré-laje.

Quadro 3 - Vantagens e Desvantagens da pré-laje

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta precisão na colocação das tubulações elétricas embutidas na laje, evitando o desperdício de eletrodutos e desencontros em subidas na interligação da laje com a alvenaria.	Utilização de guindastes e/ou gruas para a movimentação dos painéis, gerando um maior custo final e podendo criar problema no espaço do canteiro de obras.
Marcação de caixas elétricas e furação de shafts extramente precisas.	
Não utilização de formas de madeira.	
Garantia de utilização do acabamento em piso zero, eliminando a execução de contrapiso.	
Superfície inferior (teto) com acabamento liso, eliminando a necessidade de emboço, forro de PVC ou gesso.	
Redução do sistema de cimbramento, sendo utilizadas apenas escoras pontuais.	
Mão de obra necessária em quantidade muito inferior ao processo convencional.	
Redução dos custos.	
Alta produtividade, garantindo maior garantia no cumprimento de prazo.	
Processo transparente e de fácil entendimento da equipe de produção.	

Fonte: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/upload/ativos/238/anexo/06leonardo4.pdf

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo será acometido o tipo de pesquisa, assim como a definição do referencial teórico, coleta e análise de dados que ocasionaram a elaboração da pesquisa.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A análise realizada retratou um estudo comparativo, com pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa e quantitativa e de nível exploratório.

Os estudos comparativos consistem em explorar coisas ou situações e esclarecer as suas semelhanças e suas distinções sobre os tipos de lajes estudadas. Portanto, o estudo comparativo permite a observação de dados concretos e a dedução de suas importantes características gerais, possibilitando análises de caráter indireto.

Portanto, devendo se preocupar com a análise de dados alcançados, sempre aferidos com os objetivos funcionais previamente definidos e com o referencial teórico adotado para o trabalho.

O nível exploratório é solicitado quando o pesquisador não tem experiência e domínio sobre o assunto. Desse modo, explorar é o método adequado para a confirmação do problema analisado.

A abordagem qualitativa concede ao pesquisador, além do domínio total sobre a pesquisa em sua caminhada, inclusive com a possibilidade de corrigir, reorganizar e reconstituir metas anteriormente ordenadas, apontar seu entendimento acerca do objeto de estudo e dos resultados gradativamente compreendidos.

Na abordagem quantitativa, o pesquisador apresenta seu estudo partindo de um plano muito bem arranjado e preestabelecido, elaborando hipóteses sobre o que pretende estudar, com aspectos claramente definidos. Seguindo das hipóteses é plausível deduzir uma lista de raciocínio, cuja coleta de dados irá mostrar ou não a sua verificação, tendo como consequência a aceitação ou não das hipóteses.

3.2 DEFINIÇÃO DO REFERENCIAL TEÓRICO

A procura por informações para melhor instruir um assunto proposto é o trabalho de profunda análise e cautela, pois o referencial teórico é de suma importância para a

pesquisa, ela auxiliará com maior transparência ao leitor de onde e para onde a pesquisa será direcionada.

Desse modo, a preferência por um autor se da através de um conjunto de análise relacionada ao presente estudo dos autores, ou seja, é explorado entre vários autores que dissertam sobre o mesmo tema, aquele que investigou sobre seus estudos e desenvolveu uma proposta de acordo com o desejo, interferências e métodos da atualidade.

À frente da forma de escolha dos autores, efetuou-se uma busca em livros, artigos, dissertações e diversas publicações, na qual possuíam referências conceituadas na área da engenharia civil e sempre buscando trabalhos da atualidade.

3.3 COLETA DE DADOS

É através da coleta de dados que o tema irá ser comparado na forma desejada, pois é imprescindível que a busca de dados seja feita com qualidade para alcançar o objetivo proposto.

Para dar partida no estudo, foi realizada uma revisão na literatura com conteúdos pertinentes. Com isso, é necessário buscar dados teóricos para apoiar na elaboração de ideias a serem analisadas e, também, obter dados técnico-financeiros, mediante ao estudo comparativo, para estabelecer a racionalização dos sistemas construtivos. Tudo isso é para discriminar os tipos de lajes.

Para tornar plausível a comparação, uma planta baixa em alvenaria estrutural será usada para obter todas as informações necessárias, como: método de cálculo, quantidades de insumos e valores de mercado.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Com os dados essenciais em mãos e devidamente ajustados, é possível estabelecer qual sistema terá a racionalização mais viável e, consequentemente a mais econômica do ponto de vista financeiro.

Para que esse comparativo seja incontestável e verdadeiro, serão mostrados, em formato de figuras e tabelas, as diferenças estudadas com os dados obtidos e, juntamente os valores de orientação utilizados.

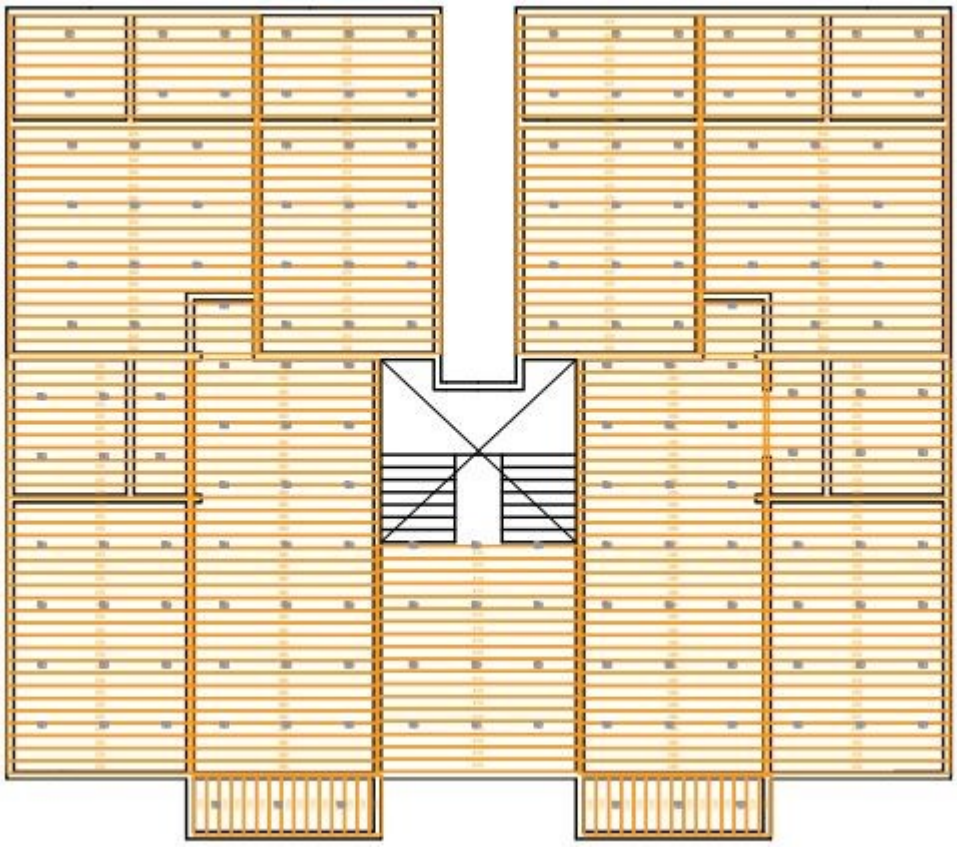
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo irá apresentar os resultados dos dados coletados, que através de uma planta baixa de um pavimento tipo em alvenaria estrutural, servirá para comparar os dois tipos de lajes e consequentemente mostrar a mais viável.

4.1 LAJE PAINEL

Através de uma consulta com a empresa ATILAJE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE ARTEFATOS DE CIMENTO LTDA da cidade de Atibaia-SP, foi possível fazer o orçamento para a execução do pavimento da laje painel, que levou em conta somente os quantitativos da mesma. Assim, com a carga e vãos definidos e, para efeitos de cálculos, foi adotada carga de 250kgf/m², sendo uma opção viável para o objeto de estudo, pois, é através das cargas que são determinadas as dimensões de lajes. Na figura 16 está o pavimento tipo da laje painel, com 274,76 m², utilizada para os cálculos.

Figura 16 - Pavimento tipo da laje painel



Fonte: Atilaje indústria e comércio de artefatos de cimento LTDA.

Logo a seguir com a identificação dos elementos estruturais e suas dimensões, foram lançadas as informações no software PUMA WIN, um método de cálculo para estudo e definição para a elaboração de dimensionamentos, determinação de quantitativo e preço de venda de lajes com elementos pré-fabricados com armação treliçada. Portanto, foram inseridos todos os vãos de maneira individual, com o propósito de se obter a quantidade de insumos necessários para cada vão de laje. Desse modo obtendo o somatório de todos os insumos.

Para esta laje, foi possível através dos cálculos, coletar os dados relacionados às áreas dos vãos de acordo com o projeto estrutural, que a partir destas informações foi possível quantificar os volumes de concreto, número de escoras e malhas de ferro a serem aplicados. Na Tabela 1, está o levantamento parcial da laje painel.

Tabela 1 – Levantamento para laje painel

Código	Descrição	Qtd	R$ Unitário	Total Itens
000170	LAJE PAINEL TR12 (PTM)	274,76	93,38	25.657,09
000134	REFORCO Ø 4.2MM	291,20	2,40	698,88
000129	REFORCO Ø 6.3MM	844,80	5,40	4.561,92
000132	REFORCO Ø 10 0MM	291,20	11,10	3.232,32
000108	CANALETA P/ NERVURA TRAVAMENTO 30CM	50,00	7,00	350,00
000202	NEGATIVO Ø 4.2MM	326,40	2,40	783,36
000207	NEGATIVO Ø 8.0MM	96,00	7,34	704,64
000182	VIGOTA LAJE PAINEL TR12	6,00	24,89	149,34

Total Itens / Quantidade: 8 / 2180.36
Total Itens: 36.137,55
Total Frete: 0,00
% Desconto: 0,00
Total de Desconto: 0,00
Previsão de Entrega:
TOTAL DO PEDIDO: 36.137,55

Fonte: Atilaje indústria e comércio de artefatos de cimento LTDA.

Logo feito esses levantamentos, foi possível quantificar os insumos restantes, como concreto, número de escoras e malhas de aço (Tabela 2). Então, foram feitas cotações em três fornecedores destes materiais para obter valores adequados dos mesmos.

Tabela 2 – Levantamento de materiais para laje painel

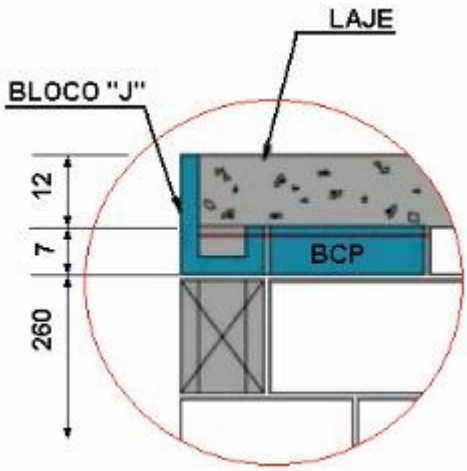
DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	R$ UNIT	**TOTAL R$**
Concreto 30 MPa	m^3	41,00	505,00	20705,00
Escoramento metálico	un	170,00	10,00	1700,00
Malha de Ferro	un	52,00	107,31	5580,12
				27985,12

Fonte: Autor, 2021.

Para a laje painel não foi necessário o uso de EPS para enchimento da laje, sendo usado apenas concreto de 30 MPa para a camada de capeamento da mesma. Desse modo, vindo a ser uma laje painel maciça.

E diferentemente do sistema convencional, em obras de Alvenaria Estrutural é dispensado o uso de fôrmas de madeira devido ao bloco tipo J (Figura 17) e, além disto, a laje painel funciona como fôrma para a concretagem da laje, resultando em uma etapa a menos na execução.

Figura 17 - Ligação alvenaria / laje



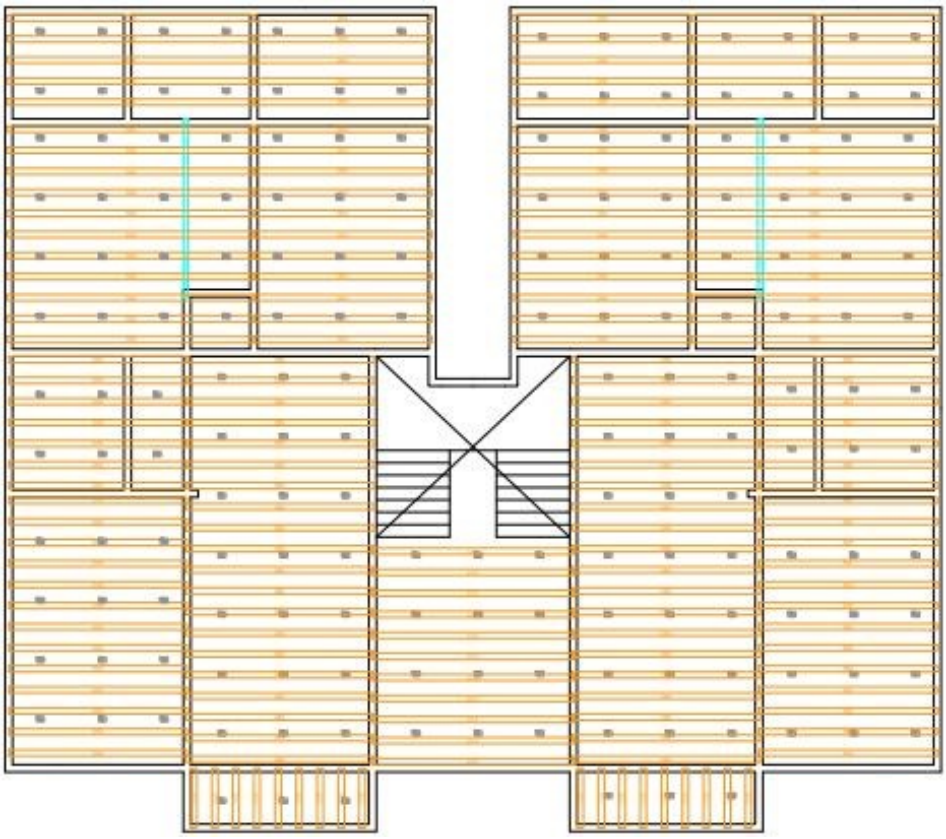
Fonte: https://docplayer.com.br/8281065-Alvenaria-estrutural.html

Portanto, através do somatório dos dois levantamentos, o custo total do pavimento em laje painel maciça foi de R$ 64.122,67.

4.2 LAJE PRÉ-MOLDADA TRELIÇADA

Para obter um orçamento adequado de ambas as lajes, a mesma empresa foi consultada para o levantamento desta laje, assim sendo possível obter os quantitativos da mesma. Na figura 18 está o pavimento tipo da laje pré-moldada treliçada com os mesmos 274,76m².

Figura 18 - Pavimento tipo da laje pré-moldada treliçada



Fonte: Atilaje indústria e comércio de artefatos de cimento LTDA.

Portanto, através das mesmas dimensões e com a carga de 250kgf/m², todos os vãos do projeto estrutural foram lançados no software PUMA WIN para quantificar os insumos essenciais para a laje e, consequentemente, obter os dados necessários para o orçamento dos materiais, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Levantamento para laje pré-moldada treliçada

Código	Descrição	Qtd	R$ Unitário	Total Itens
000022	LAJE TRELICADA H12 - EPS	274,76	78,10	21.458,76
000134	REFORCO Ø 4.2MM	124,80	2,40	299,52
000148	REFORCO Ø 5.0MM	684,80	3,27	2.239,30
000130	REFORCO Ø 8.0MM	51,60	7,34	378,74
000132	REFORCO Ø 10 0MM	124,80	11,10	1.385,28
000202	NEGATIVO Ø 4.2MM	196,80	2,40	472,32
000207	NEGATIVO Ø 8.0MM	54,00	7,34	396,36
000108	CANALETA P/ NERVURA TRAVAMENTO 30CM	40,00	7,00	280,00

Total Itens / Quantidade:	8 / 1551.56	Total Itens:	26.910,28
		Total Frete:	0,00
% Desconto:	0,00	Total de Desconto:	0,00
Previsão de Entrega:		**TOTAL DO PEDIDO:**	**26.910,28**

Fonte: Atilaje indústria e comércio de artefatos de cimento LTDA.

Para esta laje optou-se pelo o uso de EPS, que é essencial para esse tipo de laje, porém é uma etapa a mais para a execução.

E para o restante dos materiais necessários, como concreto, escora metálica e malha de ferro, foram realizadas consultas com os fornecedores para o levantamento de valores que estão descritos na Tabela 4.

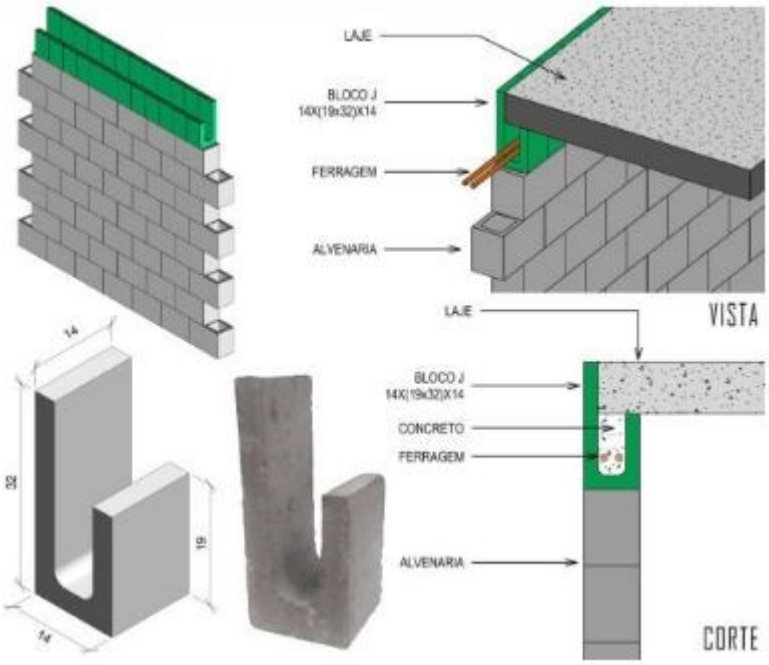
Tabela 4 – Levantamento de materiais para a laje pré-moldada treliçada

DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	R$ UNIT	**TOTAL R$**
Concreto 30 MPa	m^3	26,00	505,00	13130,00
Escoramento metálico	un	181,00	10,00	1810,00
Malha de Ferro	un	52,00	107,31	5580,12
				20520,12

Fonte: Autor, 2021.

A laje pré-moldada treliçada é umas das mais usadas em obras da engenharia civil, principalmente no método convencional com vigas e pilares, sendo normal o uso de caixarias em madeira para a concretagem no encontro da parede e laje. Porém, com a Alvenaria Estrutural e com o uso desta laje as formas são completamente eliminadas neste método construtivo, devido as canaletas tipo J que compõe a estrutura de vigas (Figura 19).

Figura 19 - Demonstração de encontro alvenaria / laje



Fonte: https://juaprefabricados.com.br/alvenaria-estrutural/

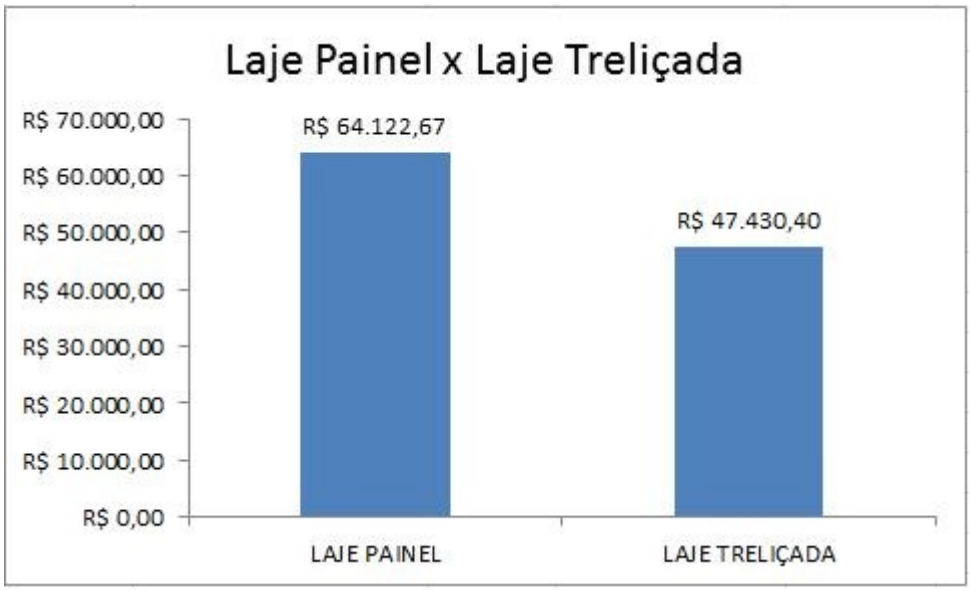
Portanto, através do somatório dos dois levantamentos, o custo total do pavimento em laje pré-moldada treliçada foi de R$ 47.430,40.

4.3 COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE AS LAJES

Para o orçamento de ambas as lajes não foram considerados os valores de fretes, descarga e montagem, assim como locação de munck e guindastes. O estudo foi voltado apenas para os insumos necessários para cada laje.

Os custos resultantes para os dois modelos estudados foram expressos em valores totais. Eles foram calculados a partir dos quantitativos de todos os materiais primordiais para a execução dos dois tipos de lajes. Então, fazendo uma análise geral do ponto de vista financeiro, o tipo de laje que apresentou o menor custo foi a laje pré-moldada treliçada (Gráfico 1). A diferença entre os dois métodos resultou em um valor significativo de R$ 16.692,27.

Gráfico 1 - Comparativo Laje Painel x Laje Treliçada



Fonte: Autor, 2021.

4.4 RACIONALIDADE

Ambas as lajes partem do processo de fabricação e transporte até a obra, que são praticamente iguais. Então é depois destas etapas que são notáveis as diferenças dos métodos construtivos, aprimorado com a racionalização.

A laje painel através dos módulos treliçados possibilita uma execução rápida do pavimento, ou seja, os painéis são montados lado a lado em cada vão da residência e posteriormente são feitas as instalações prediais sem precisar de rasgos para a passagem dos mesmos, devido ao projeto ser bem idealizado com todas as furações posicionadas. Logo são aplicadas todas as armações necessárias e seguidamente feita a concretagem. Então este método é simples e de fácil manuseio e, além de tudo isso, a obra torna-se limpa e organizada.

Já na laje pré-moldada treliçada as vigotas são montadas com mais cautela, devido a aplicação das tavelas cerâmicas ou EPS, o que consiste em um tempo de execução maior com o uso destes materiais, uma vez que são posicionadas de peça em peça e, então, necessitando uma mão de obra mais especializada. Logo em seguida são feitas também as instalações prediais, porém neste tipo de laje não são aceitos quebras de vigotas para a instalação destes materiais, então tudo deve ser pensado anteriormente para não resultar em prejuízo. E por último, as armações são posicionadas e o concreto é lançado.

5 CONCLUSÃO

Este presente trabalho visou estudar a comparação técnico-financeira sobre o uso de laje pré-moldada treliçada e pré-laje em obras de Alvenaria Estrutural, com o intuito de mostrar qual destas lajes irá oferecer melhor viabilidade junto com a Alvenaria Estrutural, devido aos seus processos construtivos serem mais viáveis para uma rápida execução da edificação, trazendo segurança e organização para a obra.

Devido a pré-laje ser pouco debatida em artigos, revistas ou em trabalhos de conclusão de curso, foi necessário buscar outras alternativas para coletar mais informações sobre a mesma, como: contatar engenheiros, empresas e obras que venham a utilizar esse tipo de execução de laje. Apesar disso, vale ressaltar que é de suma importância um estudo mais aprofundado para ver como realmente a laje painel traz inúmeros benefícios, assim os atuais e futuros engenheiros poderão utilizar com mais frequência.

Baseado nos valores obtidos, observou-se que a laje pré-moldada treliçada obteve um custo menor em relação a pré-laje (laje painel). O comparativo levou em conta apenas o custo dos dois tipos de lajes, pois se incorporar as demais parcelas de uma obra, influenciariam diretamente no custo global. Porém, a laje painel é importantíssima para a racionalização e produtividade da obra, principalmente quanto às furações para a rede hidráulica e elétrica conforme o projeto e a rápida montagem, assim garantindo um tempo menor de execução na obra, sem necessitar de uma mão de obra especializada.

Fica constatado, no fim deste estudo que através da velocidade de execução da alvenaria estrutural e da laje painel, os dois métodos construtivos caminham juntos quando o contratante necessita de um tempo menor para a execução da edificação, assim garantindo que a obra seja finalizada em um tempo consideravelmente menor para a futura habitação, se comparado com a laje pré-moldada treliçada. Mas, a laje painel gerou um custo maior para a obra, podendo ser um problema para o cliente na hora de planejar e decidir sobre a futura instalação.

Para futuros trabalhos fica como sugestão pesquisar o custo da obra como um todo, pois a execução da laje gera inúmeras etapas, desde o transporte da fábrica para a obra, até a retirada das escoras após a cura do concreto. Desse modo, podendo equilibrar os valores dos dois tipos de lajes, viabilizando ainda mais a laje painel.

REFERÊNCIAS

A INDÚSTRIA da construção civil brasileira ainda utiliza pouco o sistema de alvenaria estrutural. FL. Londrina, 3 out. 1998. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/imobiliaria-e-cia/a-racionalidade-da-alvenaria-estrutural-100955.html>. Acesso em: 22 mar. 2021.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Sistemas construtivos racionalizados permitem obras mais rápidas e eficientes**. 2012. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/sistemas-construtivos-racionalizados-permitem-obras-mais-rapidas-e-eficientes>. Acesso em: 06 de Abr. de 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro. ABNT, 2014.

_____. **NBR 14859-1:** Lajes pré-fabricadas de concreto – Vigotas, minipainéis e painéis – Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT, 2016.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. 3 ed. Rio de Janeiro, 2017. 94 p.

ALVES JÚNIOR, Lenício Oliveira; BRESCIANINI, Lucca. **Produtividade em alvenaria estrutural**. 2018. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018. Disponível em: https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/5229/TCC%20corrigido%202018%20pronto%20pra%20postar.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 abr. 2021.

ALVES, Natália Souza Diniz. **Análise de Custos**: alvenaria estrutural x estrutura pré-moldada. 2014. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A3YFD6/1/monografia_natalia.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

AS PRÉ-LAJES DE CONCRETO, sem dúvida, são muito competitivas, tanto do ponto de vista tecnológico como operacional. Dr. Resolve, 30 ago. 2017. Disponível em: <https://blog.doutorresolve.com.br/2017/01/pre-lajes-de-concreto/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto armado.** 2021. 109f. - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2021. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2021.

BRANDALISE, Guilherme Meurer; WESSLING, Luan Ives. **Estudo comparativo de custo entre laje maciça simples e laje de vigotas pré-fabricadas treliçadas em edifícios de até quatro pavimentos no município de Pato Branco, Paraná, Brasil**. 2015. 102 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14470/3/PB_COECI_2015_1_13.pdf. Acesso em: 30 abr. 2021.

CICHELERO, Gabriel Zanatta; MURARO, Murilo Silveira. **Uso, eficiência e a economia da alvenaria estrutural**: pesquisa comparativa de relação entre estruturas do sistema construtivo convencional. 2017. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

COMO REDUZEM TAMBÉM a necessidade de escoramentos e de fôrmas. Dr. Resolve, 30 ago. 2017. Disponível em: <https://blog.doutorresolve.com.br/2017/01/pre-lajes-de-concreto/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

DE CARVALHO, Wagner. **Solução construtiva em lajes pré-fabricadas**: projeto com pré-lajes treliçadas. In: WA engenharia de projetos. 2002. Campinas. Disponível em: <http://salvadorpremoldados.com.br/wp-content/uploads/2015/08/MANUAL-DE-LAJES.pdf>. Acesso em: 3 maio 2021.

GONÇALVES, Gislene; MARTINS, Silvânia. **Alvenaria Estrutural**: aspectos construtivos nas habitações de interesse social. Alvenaria Estrutural, Belo Horizonte, p. 2, 2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a167.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2020.

JÁ É HÁ MUITO TEMPO utilizadas em obras de infraestrutura especialmente na construção de tabuleiros. Dr. Resolve, 30 ago. 2017. Disponível em: <https://blog.doutorresolve.com.br/2017/01/pre-lajes-de-concreto/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

KALIL, S. M. B.. **Alvenaria estrutural**. PUCRS 2005 Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural>. Acesso em: 19 março 2021.

LEITE, Rodolfo Carneiro da Silva. **Racionalização do processo construtivo em alvenaria estrutural com bloco de concreto**. 2012. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/RODOLFO%20CARNEIRO%20DA%20SILVA%20LEITE.pdf>. Acesso em: 21 de setembro de 2020.

LOPO, Leonardo Campos; VIDAL, Thiago de Jesus. **Utilização de pó de brita na fabricação de lajes pré-moldadas**. 2020. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2020. Disponível em:

http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/17004/1/5_2020_2%20LEONARDO%20CAMPOS%20LOPO_THIAGO%20DE%20JESUS%20VIDAL.pdf. Acesso em: 02 maio 2021.

MACHADO, Daniela. **Investigação das manifestações patológicas mais incidentes em edificações habitacionais de alvenaria estrutural com até cinco anos de uso**. 2017. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3815/TCC_Dani_Machado_revisado.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 mar. 2021.

MACHADO, Julia Favretto. **Diretrizes para projetos em alvenaria estrutural**: modulação e detalhamentos. 2014. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Cap. 4. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_JULIA%20FAVRETTO%20MACHADO.pdf>. Acesso em: 29 de setembro de 2020.

MASSARO, Luiza Alessandra Pienis. **Comparação de custos entre estrutura de concreto moldada in loco e pré-fabricada**: um estudo de caso. 2019. 57 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Cap. 2. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12836/1/CT_GEOB_XXV_2019_15.pdf>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

MELLO, César Winter de. **Avaliação de sistemas construtivos para habitações de interesse social**. 2004. 172. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4788/000460093.pdf?sequence=1>. Acesso em: 19 abr. 2021.

MOHAMAD, Gihad. **Construções em alvenaria estrutural**: Materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2015.

NAZARIO, Henrique Zome; BENEDET, Nilton Alberton. **Estudo comparativo de construções residenciais populares utilizando a tecnologia de alvenaria estrutural**. 2018. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018. Disponível em: https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/6748/TCC%20FINAL%20CORRIGIDO-merged%20%281%29-merged.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 mar. 2021.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria estrutural e suas implicações**. Curso de Especialização em Construção Civil da UFMG – Campus Belo Horizonte. 2013. 74 f.

OLIVEIRA, Quésia Klem Horsts de; BATISTA, Tauana de Oliveira. **Sistema construtivo em alvenaria estrutural**. III Seminário Científico de Facig: II jornada de iniciação científica, Igarassu, p. 1, 2017.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Alvenaria estrutural sistema construtivo.** Curso de Engenharia Civil da USF – Campus Itatiba. 2007. 47 f. Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba, 2007. Disponível em: <http://lyceumonline.ufs.edu.br/salavirtual/documentos/1060.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

PRADO NETO, Álvaro Pereira do *et al*. **Alvenaria estrutural**: empreendimento flora park ii. 2015. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, p. 7-8, 2015. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ALVENARIA_ESTRUTURAL_EMPREENDIMENTO_FLORA_PARK_II.pdf>. Acesso em: 21 de setembro de 2020.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, Pini. 2003.

RICHTER, C.. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise de confiabilidade e da conformidade**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12146/000622700.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 março 2021.

RODRIGUES, Jessica da Silva. MATUTI, Bruna Barbosa. **Alvenaria Estrutural E Sua Aplicação Dentro Da Construção Civil.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 11, Vol. 08, pp. 128-157 Novembro de 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/alvenaria-estrutura#62-ALVENARIA-ESTRUTURAL>. Acesso em: 22 mar. 2021.

SABBATINI, F. H.. **Alvenaria Estrutural**: Materiais, Execução e Controle Tecnológico. Requisitos e Critérios Mínimos a Serem Atendidos para Solicitação de Financiamento de Edifícios em Alvenaria Estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Caixa Econômica Federal – Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. Brasília, DF, 2002. 37 p.

SANTOS FILHO, Norton dos; GOMES, Raphael Santos. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos**: paredes de concreto x alvenaria estrutural. 2015. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2015.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini Ltda, 2010. 188 p.

VELHOS, Guilherme Silveira; SILVA JÚNIOR, Manoel Gonçalves da. **Análise comparativa dos custos de execução de edifício residencial multifamiliar entre alvenaria estrutural e convencional**. 2018. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018. Disponível em: https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/5977/TCC%20Corrigido.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 16 mar. 2021.

ZECHMEISTER, Dóris. **Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no brasil através do uso da coordenação modular**. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/7129/000495565.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em : 22 de setembro de 2020.