



UNIVERSIDADE PITÁGORAS UNOPAR

ENGENHARIA CIVIL

**SUSTENTABILIDADE EM RESIDÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROJETOS
SUSTENTÁVEIS E MAIS ECONÔMICOS**

GUSTAVO CAVALCANTE OLIVEIRA

ARAGUAÍNA-TO
2021

GUSTAVO CAVALCANTE OLIVEIRA

**SUSTENTABILIDADE EM RESIDÊNCIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROJETOS
SUSTENTÁVEIS E MAIS ECONÔMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro
Civil em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Giovani Geraldino Anunciato
Prof. Denise Cardoso Guimarães

ARAGUAÍNA-TO
2021

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso ao meu pai Luiz Carlos Dias Oliveira e minha mãe Irismar Moura Cavalcante por sempre me apoiarem em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, soberano criador da vida e conhecedor de todas as coisas, que me deu a oportunidade de concluir este curso superior de Engenharia Civil que sempre foi um desejo do meu coração.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e nunca me permitiram desistir dos meus sonhos.

Aos professores, orientador e demais colaboradores pelo conhecimento disseminado.

Aos colegas de classe pelo companheirismo de sempre, os quais levarei para sempre na memória e no coração.

OLIVEIRA, Gustavo Cavalcante. **Sustentabilidade em residências na Construção Civil: Projetos Sustentáveis e mais econômicos**: 2021. 41 p. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Faculdade UNOPAR de Araguaína-TO, ARAGUAÍNA, 2021.

RESUMO

O presente estudo aborda as tendências para a construção civil e os desafios para autoconstrução e espaços urbanos Como desenvolver projetos mais sustentáveis. Apresentando Lajes Treliçadas e seus conceitos, de grande relevância tanto para acadêmicos do curso de Engenharia Civil quanto para profissionais já atuantes na profissão. As lajes são responsáveis por elevada parcela do consumo de concreto nos edifícios. Sendo oportuno o estudo dos critérios de escolha dos tipos de laje a serem empregados nos edifícios, tendo em vista a obtenção de soluções tecnicamente corretas e econômicas. De tal forma, obteve-se o questionamento que permeou a pesquisa: Quais as vantagens da utilização de lajes treliçadas na construção civil? O objetivo geral da pesquisa foi realizar uma análise do uso das lajes treliçadas na construção civil com a observância das vantagens e desvantagens desse uso, e os objetivos específicos foram descrever sistemas estruturais na construção civil; conceituar lajes treliçadas e descrever as vantagens e desvantagens do uso das lajes treliçadas na construção civil. A metodologia utilizada baseou-se na pesquisa bibliográfica, qualitativa. As produções científicas analisadas sobre o tema proposto, foram do período de 2000 à atual. A coleta de dados deram por meio de plataformas como *Scientific Eelectronic Library Online* (SciELO) e Google Acadêmico. Os resultados demonstram que existem várias vantagens na utilização das lajes treliçadas, das quais, cita-se economia, leveza e facilidade de trabalho.

Palavras-chave: Construção Civil. Lajes Treliçadas. Sistemas Estruturais.

OLIVEIRA, Gustavo Cavalcante. **Sustentabilidade em residências na Construção Civil: Projetos Sustentáveis e mais econômicos** 2021. 41 p. (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) – Faculdade UNOPAR de Araguaína-TO, ARAGUAÍNA, 2021.

ABSTRACT

The present study “Lajes Treliçadas and its concepts”, addresses a topic of great relevance both for students of the Civil Engineering course and for professionals already working in the profession. Slabs are responsible for a high share of concrete consumption in buildings. It is advisable to study the criteria for choosing the types of slab to be used in the buildings, with a view to obtaining technically correct and economical solutions. In such a way, the question that permeated the research was obtained: What are the advantages of using lattice slabs in civil construction? The general objective of the research was to carry out an analysis of the use of lattice slabs in civil construction with the observance of the advantages and disadvantages of this use, and the specific objectives were to describe structural systems in civil construction; conceptualize lattice slabs and describe the advantages and disadvantages of using lattice slabs in civil construction. The methodology used was based on bibliographic, qualitative research. The scientific productions analyzed on the proposed theme, were from 2000 to the current period. Data collection took place through platforms such as *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) and Google Scholar. The results demonstrate that there are several advantages in the use of lattice slabs, of which, it is mentioned economy, lightness and ease of work.

Key-words: Construction. Lattice Slabs. Structural Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Tipos de estruturas mais utilizados atualmente	15
Figura 2- Tipos de vigas.....	16
Figura 3- Viga pré-moldada com ligações tipo pilar-pilar. Seção em I	17
Figura 4- Vigas de madeira com seção circular	17
Figura 5- Viga balcão em concreto armado.....	18
Figura 6- Viga treliçada (ciclo básico)	18
Figura 7- Grelhas	19
Figura 8- Pilar.....	20
Figura 9- Pórticos	21
Figura 10- Arco.....	22
Figura 11- Estruturas Pênseis.....	23
Figura 12- Treliça simples	24
Figura 13- Estruturas de superfície	24
Figura 14- Lajes maciça	25
Figura 15- Lajes nervuradas ou cogumelos	26
Figura 16- Lajes Pré-moldadas	26
Figura 17- Lajes Treliçadas Unidirecional	27
Figura 18- Lajes Treliçadas Bidirecional	27
Figura 19- Lajes Alveolares.....	28
Figura 20- Laje maciça lisa.....	29
Figura 21- Elementos de uma treliça.....	31
Figura 22- Vigotas apoiadas sobre cinta de amarração	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Vantagens e desvantagens do sistema de lajes maciças convencionais	28
Quadro 2- Vantagens e desvantagens do sistema de lajes maciças convencionais	29
Quadro 3- Etapas de fabricação das lajes treliçadas	31
Quadro 4- Vantagens e desvantagens das lajes treliçadas, segundo autores	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR Norma Regulamentadora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	111
2. JUSTIFICATIVA	132
3. OBJETIVOS	14
3.1 GERAL	143
3.1 ESPECÍFICOS	143
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	154
4.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	154
4.1.1 Estruturas Lineares	15
4.1.1.1 Vigas	15
4.1.1.2 Grelhas	19
4.1.1.3 Pilares	20
4.1.1.4 Pórticos	20
4.1.1.5 Arcos	22
4.1.1.6 Estruturas pênseis	22
4.1.1.7 Treliças	23
4.1.2 Estruturas de Superfície	24
4.1.2.1 Laje	25
4.1.2.1.1 Lajes maciças convencionais	28
4.1.2.1.2 Lajes Lisas	29
4.2 LAJE TRELIÇADA: CONCEITOS	30
4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DAS LAJES TRELIÇADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	33
5. METODOLOGIA DA PESQUISA	35
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
7. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

A norma brasileira de dimensionamento de concreto armado define as lajes nervuradas como lajes moldadas no local com ou sem nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.

A busca por uma construção sustentável cada vez mais econômica e mais rápida vem propiciando aumento do uso de lajes pré-moldadas de concreto no país. A utilização de vãos cada vez maiores tem se tornado freqüente e o dimensionamento de lajes maciças, nestes casos, conduz a espessuras maiores do que o usual, tornando a estrutura mais cara, pois grande parte da resistência da estrutura será para suportar o peso próprio.

Em construções civis a estrutura é a parte mais resistente, e são essenciais para a solidez e segurança da construção. Uma estrutura é constituída por elementos estruturais, que em conjunto dão origem aos sistemas estruturais (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

Desta forma, as lajes de vigotas pré-moldadas são uma alternativa às lajes maciças. Estas lajes são compostas por vigotas pré-moldadas, e se houver, concreto moldado no local também chamado de capa, cuja função é garantir a distribuição de esforços atuantes no elemento, aumentar sua resistência à flexão e nivelar o piso. As vigotas são espaçadas igualmente de acordo com a largura do material de enchimento. Este material de enchimento não possui nenhuma função estrutural servindo apenas para eliminar o concreto na área tracionada da laje.

Devido à natureza da proposta que ora se apresenta, recorrer-se-á metodologicamente à revisão bibliográfica para a promoção de um estudo aplicado, exploratório e quanti-qualitativo fundamentado em artigos científicos e demais produções científico-acadêmicas que se mostrem úteis e pertinentes à pesquisa em tela.

Frente a todo o exposto, surgiu o questionamento que direcionou este estudo: quais as tendências para a construção civil e os desafios para autoconstrução e espaços urbanos? Como desenvolver projetos mais sustentáveis? O uso de lajes treliçadas são sustentáveis? Quais são as vantagens da utilização de lajes treliçadas

na construção civil?

Por fim, esta pesquisa foi explanada de forma a apresentar os métodos construtivos de lajes, seus diversos modelos e sistema estrutural utilizados na construção civil brasileira. Neste estudo será analisado as diversas variáveis para esta escolha, contudo todos os elementos textuais, podendo servir de auxílio, base e parâmetros.

2 JUSTIFICATIVA

A busca por uma construção sustentável, econômica e mais rápida vem propiciando aumento do uso de lajes pré-moldadas de concreto no país. A utilização de vãos cada vez maiores tem se tornado freqüente e o dimensionamento de lajes maciças, nestes casos, conduz a espessuras maiores do que o usual, tornando a estrutura mais cara, pois grande parte da resistência da estrutura será para suportar o peso próprio.

As lajes são responsáveis por elevada parcela do consumo de concreto nos edifícios. Sendo oportuno o estudo dos critérios de escolha dos tipos de laje a serem empregados nos edifícios, tendo em vista a obtenção de soluções tecnicamente corretas e econômicas.

As exigências referentes ao comportamento estrutural de um edifício e as relações entre os custos e os benefícios, devem ser maximizadas, lançando um grande desafio aos engenheiros. Devem ser estudadas soluções alternativas na construção civil, que garantam a segurança e promovam a economia. Desta maneira a pesquisa busca demonstrar uma análise comparativa entre as lajes pré-moldadas e maciças no mercado brasileiro. A escolha das lajes é justificada pela importância que possuem no custo final de uma obra.

3 OBJETIVOS

3.1 GERAL

Realizar uma análise sobre construção sustentável e econômica com a utilização de lajes treliçadas na construção civil com a observância das vantagens e desvantagens desse uso.

3.2 ESPECÍFICOS

- Descrever sistemas estruturais na construção civil;
- Conceituar laje treliçada;
- Descrever as vantagens e desvantagens do uso das lajes treliçadas na construção civil.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As edificações se desenvolveram ao longo da história, iniciando-se em abrigos simples, construídos com galhos de árvores, adobe e pedra até que chegasse às construções modernas atuais, feitas em aço, concreto ou vidro (CHING; ONOUYE; ZUBERBUHLER, 2009).

De acordo com a Câmara Brasileira da Construção Civil – Fundação Getúlio Vargas Projetos (2012) nos últimos anos, a indústria da construção civil no Brasil teve uma grande evolução em relação aos seus métodos construtivos, padronizou seus métodos e assim, obteve uma produtividade mais acentuada.

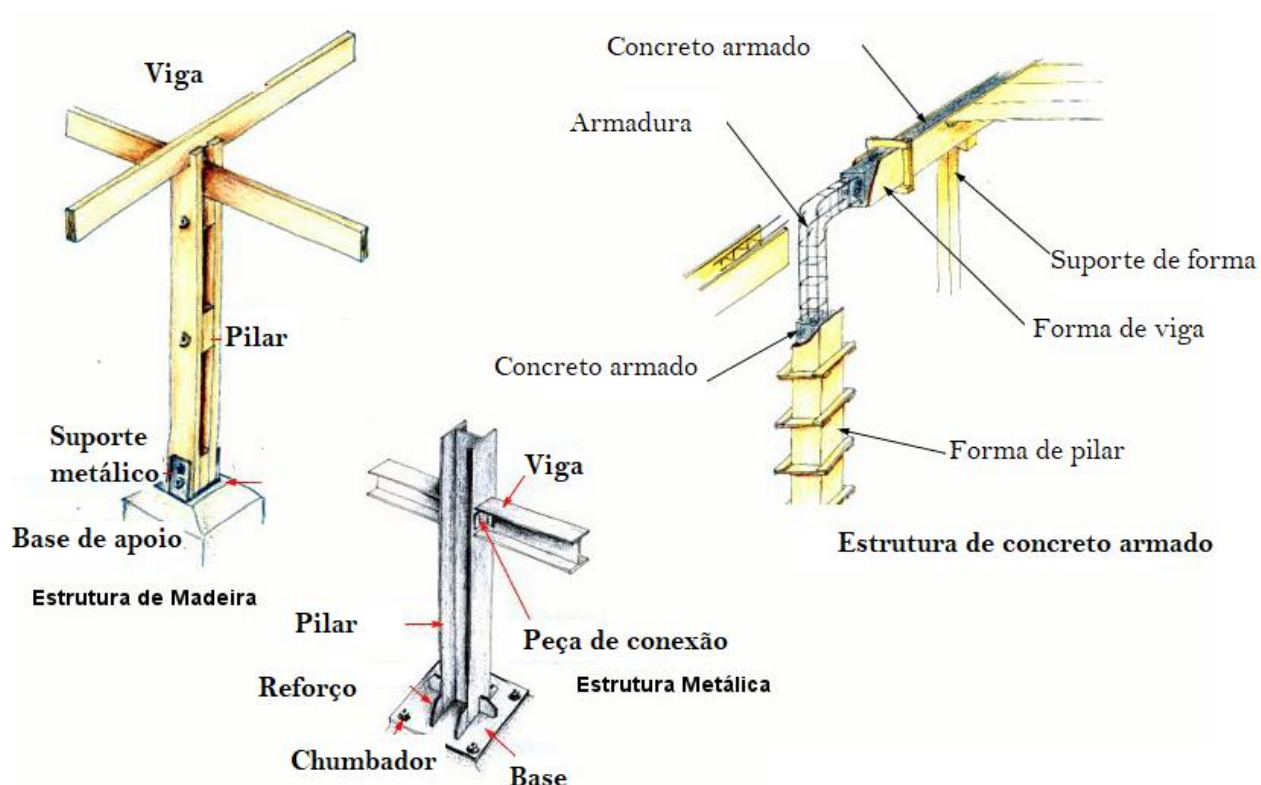
Em construções civis a estrutura é a parte mais resistente, e são essenciais para a solidez e segurança da construção. Uma estrutura é constituída por elementos estruturais, que em conjunto dão origem aos sistemas estruturais (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

De acordo com Ching; Onouye e Zuberbuhler (2009, p. 5) pode-se definir sistemas estruturais como “conjuntos estáveis de elementos projetados e construídos para agir como um todo no suporte e na transmissão seguros de cargas aplicadas ao solo, sem exceder os esforços permissíveis dos componentes”.

Narram Souza e Rodrigues (2008) que a execução de uma construção, seja grande ou pequena, incide obrigatoriamente na constituição de uma estrutura suporte, visto que a estrutura tem como objetivo dar segurança à obra e integridade à edificação.

São utilizados normalmente três tipos de estruturas básicas: estrutura de madeira (fundamenta-se na arranjo de peças industrializadas, onde deve-se encomendar a estrutura a arquitetos ou engenheiros para que os requisitos, segurança e resistência sejam garantidos); estrutura de aço ou metálica (permite inovação e modernidade) e estrutura de concreto armado (a mais utilizada no Brasil. Compõe-se de barras de aço e armaduras em formato de madeira. Permite a aquisição de estruturas apropriadas à resistirem todo tipo de carga (SOUZA; RODRIGUES, 2008) Vide Figura 1:

Figura 1- Tipos de estruturas mais utilizados atualmente



Fonte: Souza; Rodrigues (2008, p. 13)

As estruturas se dividem em linear (duas barras da mesma ordem e grandeza e bem menores que a terceira barra); superfície (Duas barras da mesma ordem de grandeza e bem maiores que a terceira barra); volume (três barras da mesma ordem de grandeza (BARALDI, 2016).

4.1.1 Estruturas Lineares

As estruturas lineares são formadas por uma ou mais barras, como as vigas, pilares, pórticos, grelhas, arcos e outros (BARALDI, 2016).

4.1.1.1 Vigas

As vigas, estruturas lineares, podem ser confeccionadas de aço, madeira, ferro fundido, concreto ou alumínio e dispostas tanto horizontalmente quanto inclinada com um ou mais apoio (SOUZA; RODRIGUES, 2008). As Figuras 2, 3, 4 e

5 ilustram algumas aplicações mais utilizadas do uso de vigas.

Figura 2- Tipos de vigas

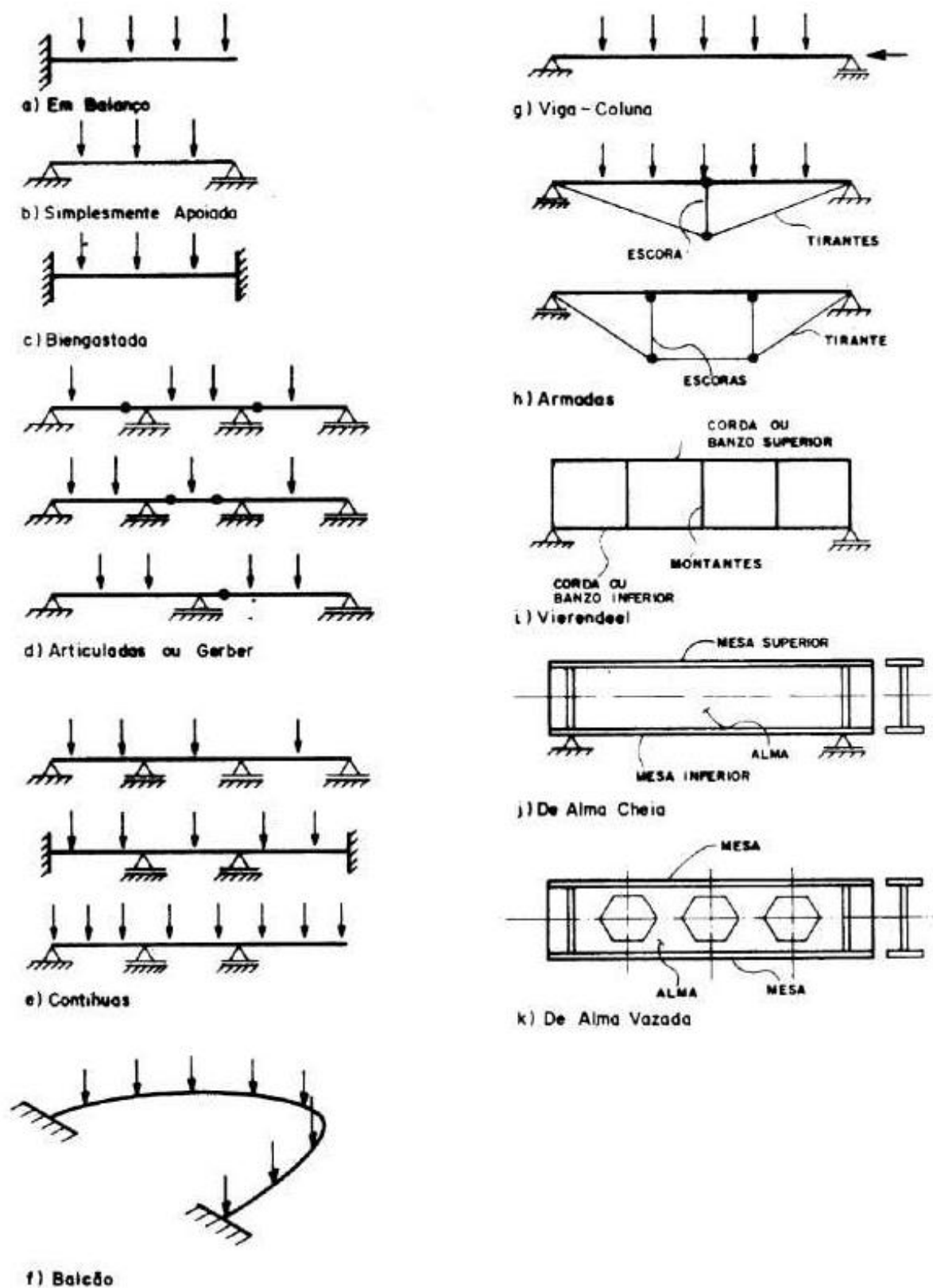


Figura 3- Viga pré-moldada com ligações tipo pilar-pilar. Seção em I



Fonte: Souza; Rodrigues (2008, p.21)

Figura 4- Vigas de madeira com seção circular



Fonte: Souza; Rodrigues (2008, p.21)

Figura 5- Viga balcão em concreto armado



Fonte: Souza; Rodrigues (2008, p.22)

Figura 6- Viga treliçada (ciclo básico)



Fonte: Souza; Rodrigues (2008, p.22)

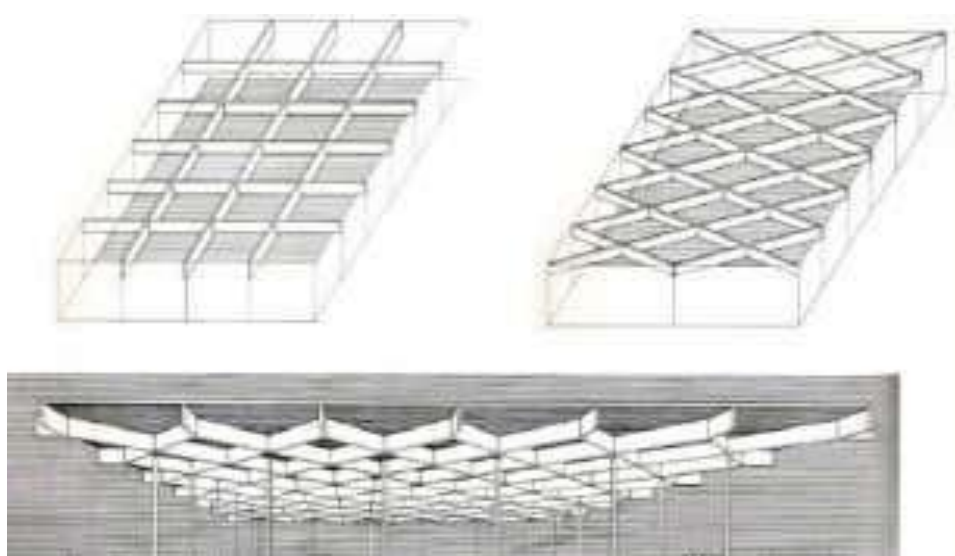
Segundo Doro (2000) os principais tipos de viga são: viga em balanço (viga com único apoio); viga simplesmente apoiada (viga que possui um apoio móvel e um fixo); viga biengastada (duas extremidades engastadas); viga gerber (articulada e isostática, sobre mais de dois apoios); viga contínua (hiperestática, sobre mais de

dois apoios); viga balcão (viga do eixo curvo ou poligonal) e viga coluna (barra com solicitações de flexão e de compressão).

4.1.1.2 Grelhas

“As grelhas são constituídas por estruturas lineares (normalmente vigas), conectados nas intercessões de forma a não permitir rotações relativas (conexões rígidas), formando uma malha” (PEREIRA, 2019, p. 1).

Figura 7- Grelhas



Fonte: Pereira (2019, p. 1)

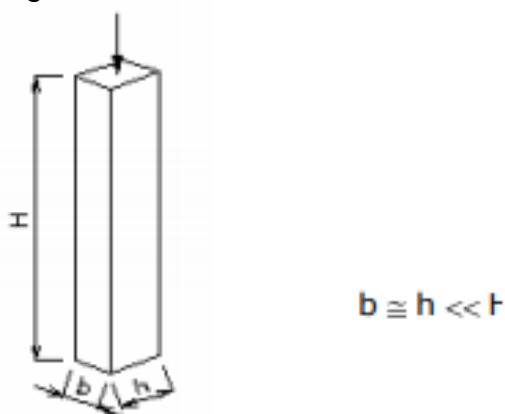
O objetivo do uso da grelha é construir uma estrutura que esteja apta a distribuir de forma igual os esforços para todas as vigas da estrutura. De acordo com Pereira (2019) as grelhas conseguem resistir aos esforços normais, cortantes, flexão e torção. São aplicadas em edificações em suportes para lajes, vencer grandes vãos e combinação com lajes nervuradas. Classificam-se em:

- Hipostáticas: quando as restrições oferecidas pelos apoios não são insuficientes para manter a grelha estável;
- Isostáticas: quando a quantidade de restrições oferecidas pelos apoios para manter a grelha estável são exatamente iguais aos graus de liberdade possíveis da estrutura;
- Hiperestáticas: quando o número de restrições oferecidas pelos apoios é superior aos graus de liberdade possíveis para a grelha (PEREIRA, 2019, p.1).

4.1.1.3 Pilares

Os pilares transportam as cargas para as fundações, e estas transportam a carga para o solo (PEREIRA, 2012), conforme observa-se na Figura 7:

Figura 8- Pilar



Fonte: Chaer (2018, p. 1)

Pode-se observar que o pilar é uma coluna simples, utilizada na vertical para a sustentação de toda a estrutura.

4.1.1.4 Pórticos

Os pórticos são estruturas constituídas por barras, compondo quadros entre si. “Os elementos pré-fabricados de concreto com sistema estrutural de pórticos são altamente aplicáveis por apresentar boa funcionalidade e competitividade econômica” (SOUZA; RODRIGUES, 2008, p. 51).

Os pórticos surgiram na Grécia antiga, influenciando rapidamente o ocidente. São formados por elementos verticais e horizontais, fazendo o papel de pilares ou vigas simultaneamente (CHAER, 2018).

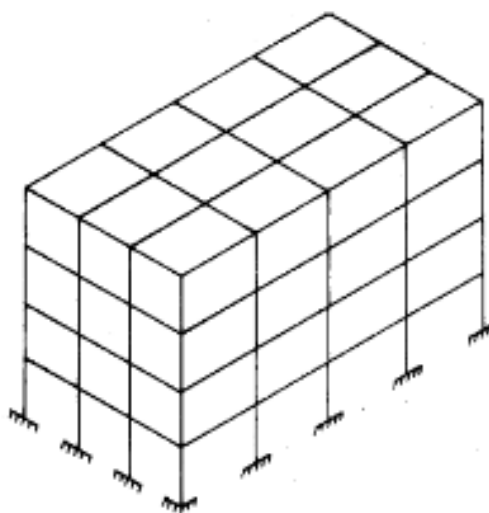
Figura 9- Pórticos



Pórticos planos simples



Pórtico plano de andares múltiplos

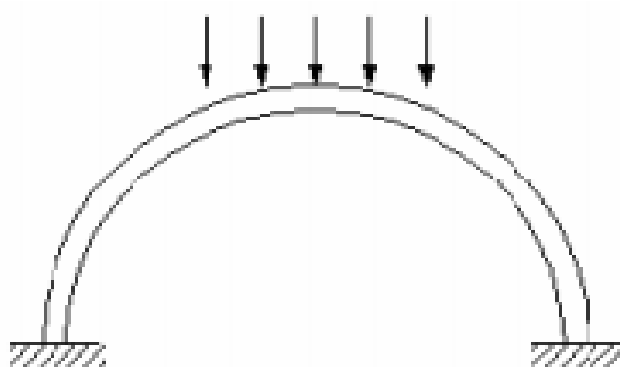


Pórtico espacial

4.1.1.5 Arcos

Os arcos são constituídos por barras curvas. “Em geral, os arcos estão submetidos à esforços de compressão, porém podem existir carregamentos que não correspondam ao perfil definido para o arco, ou seja, carregamentos que não causem somente esforços de compressão” (SOUZA, RODRIGUES, 2008, p. 55).

Figura 10- Arco



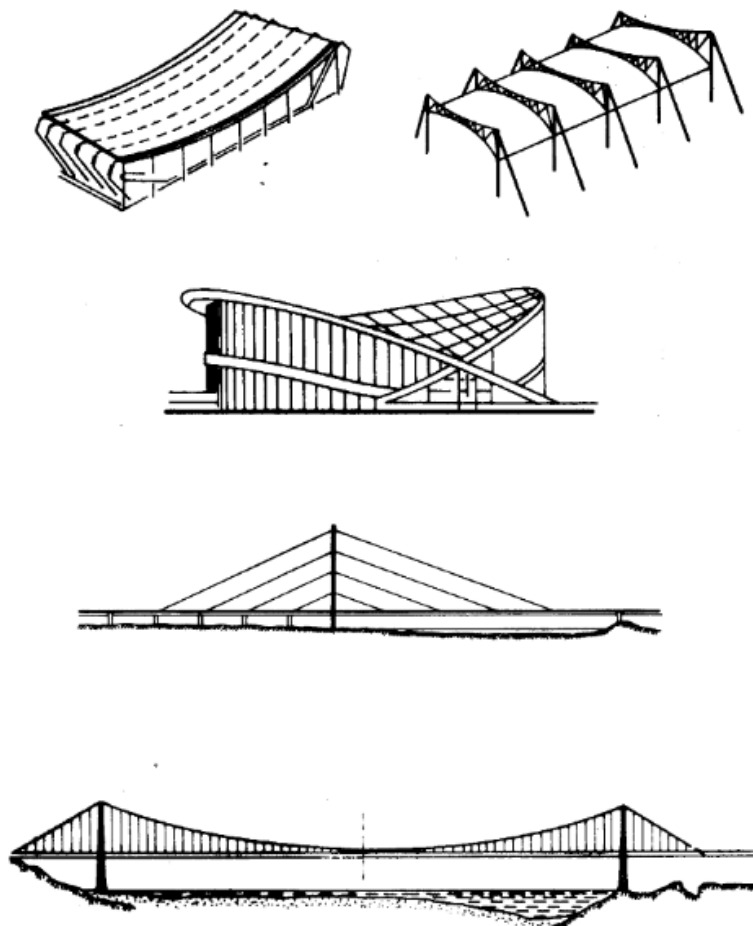
Fonte: Chaer (2018, p. 2)

Classificam-se parabólicos e circulares, podendo ter formas elípticas ou catenária, e quanto à estabilidade classificam-se em isostáticos e hiperestáticos. Os arcos são comumente utilizados devido seus esforços de compressão (SOUZA; RODRIGUES, 2008).

4.1.1.6 Estruturas pênses

Estruturas pênses são estruturas lineares e seus principais elementos são constituídos por cabos. Rodrigues; Souza (2018, p. 60) define cabos “Fio: barra que somente resiste a solicitações de tração ao longo de seu eixo; Cabo: conjunto de fios; Rede: estrutura linear não plana, cujos cabos estão dispostos de tal forma que seus eixos estejam em uma mesma superfície do plano”. Vide Figura 11

Figura 11 Estruturas Pênseis



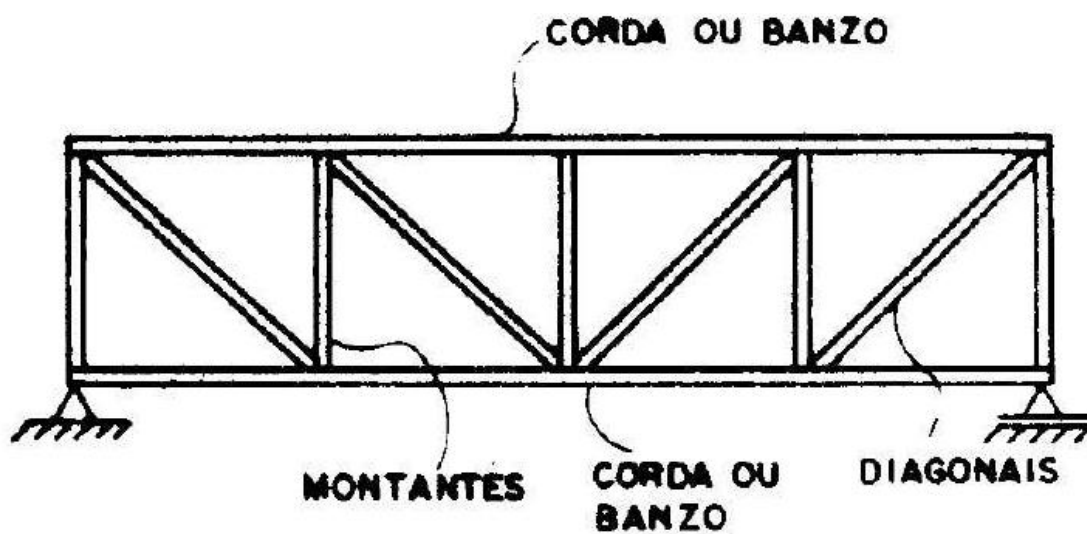
Fonte: Maia (2019, p. 4)

Aplica-se as estruturas pênseis principalmente em coberturas de tendas, ginásios, estádios e em pontes.

4.1.1.7 Treliças

As treliças são estruturas lineares formadas por barras retas, organizadas de forma a formar painéis triangulares e requeridas principalmente por tração ou compressão (BARALDI, 2016). A Figura 12 apresenta a estrutura de uma treliça simples.

Figura 12- Treliça simples

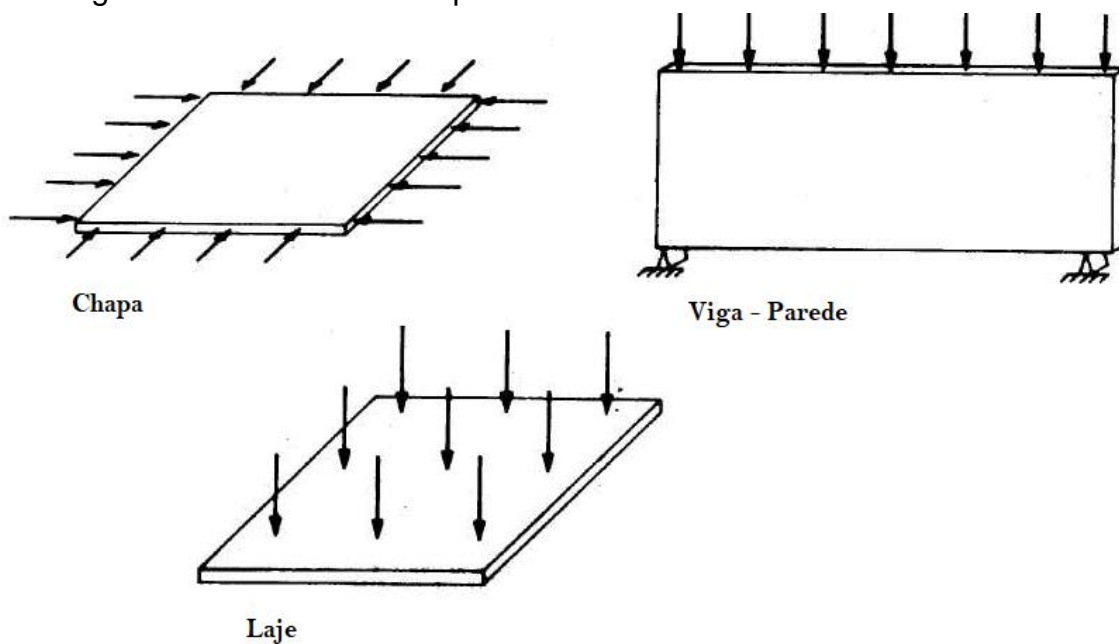


Fonte: Oliveira (2014, p. 3)

4.1.2 Estruturas de superfície

Define-se estruturas de superfície a partir de sua superfície média e lei de variação da espessura. Destaca-se as chapas, viga parede e laje (BARALDI, 2016).

Figura 13- Estruturas de superfície



Fonte: Baraldi (2016, p. 5)

4.1.2.1 Lajes

Lajes são elementos de construção planos, bidimensionais e se constituem de largura e comprimento, funcionando comumente como isolamento e afastamento de pavimentos (DORNELES, 2014). São também conhecidas como placas ou elementos de superfície (BASTOS, 2015). Possuem a função de

Destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas numa construção, normalmente de pessoas, móveis, pisos, paredes, e os mais variados tipos de carga que podem existir em função da finalidade arquitetônica do espaço que a laje faz parte. As ações são comumente perpendiculares ao plano da laje, podendo ser divididas em distribuídas na área, distribuídas linearmente ou forças concentradas. Embora menos comuns, também podem ocorrer ações externas na forma de momentos fletores, normalmente aplicados nas bordas das lajes (BASTOS, 2015, p. 5)

Conforme citação, a principal função de uma laje é servir de piso ou cobertura nas construções. Existem vários tipos de lajes, dentre elas, as lajes maciças, nervurada, pré-moldadas, treliçadas uni ou bi direcionais e alveolares, conforme apresentam as Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19

Figura 14- Lajes maciça



Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.19)

As lajes maciças são normalizadas pela NBR 6118:2003, são compostas por placas maciças de concreto, possuem alto peso próprio, armaduras longitudinais de

flexão e não conseguem vencer grandes vãos (DORNELES, 2014).

Figura 15- Lajes nervuradas ou cogumelos



Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.19)

As lajes cogumelos são contínuas e se apoiam diretamente em pilares. Podem ser lisas, maciças ou nervuradas (DORNELES, 2014).

Figura 16- Lajes Pré-moldadas

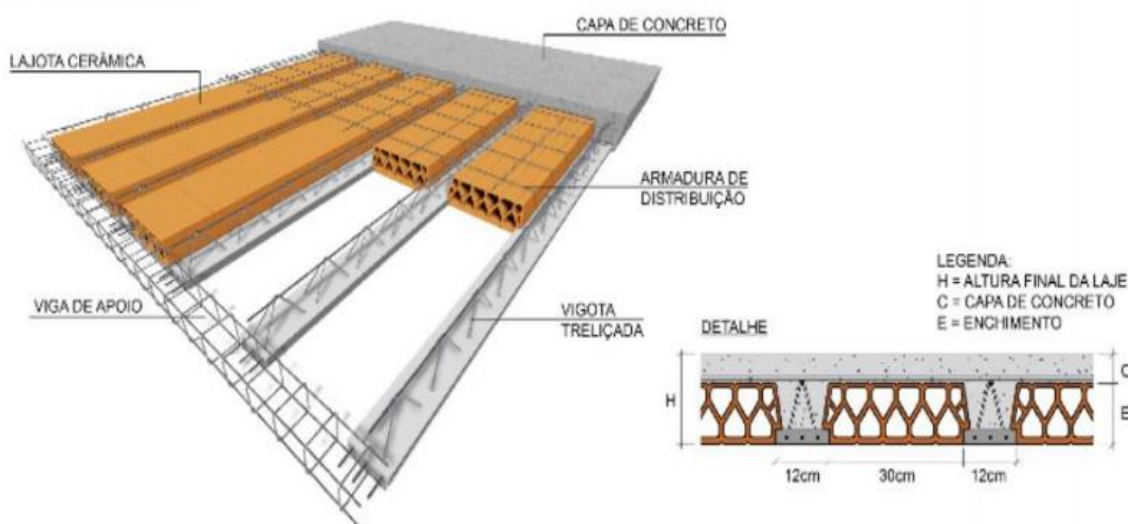


Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.19)

Podem se classificar em nervuradas com vigotas pré-fabricadas (vigotas unidirecionais, nervuradas e podem ter armadura treliçada ou trilho triplo) ou compostas por painéis (DORNELES, 2014).

Figura 17- Lajes Treliçadas Unidirecional

LAJE TRELIÇADA UNIDIRECIONAL ENCHIMENTO CERÂMICO

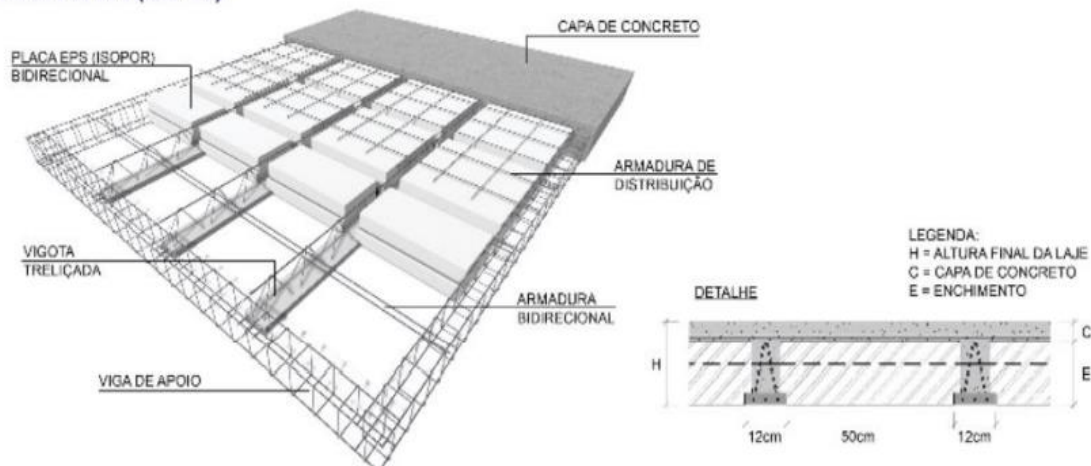


Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.20)

As lajes treliçadas se caracterizam pela presença de nervuras em forma de treliças pré-moldadas, se constituem de blocos, comumente de cerâmicos e possuem uma camada de concreto (DORNELES, 2014).

Figura 18- Lajes Treliçadas Bidirecional

LAJE TRELIÇADA BIDIRECIONAL ENCHIMENTO EPS (ISOPOR)



Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.20)

Figura 19- Lajes Alveolares



Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, p.20)

As lajes alveolares se constituem de painéis vazados longitudinalmente com seções distintas (DORNELES, 2014).

4.1.2.1.1 Lajes maciças convencionais

Define-se laje maciça como “... placas de espessura uniforme, apoiadas ao longo do seu contorno. Os apoios podem ser constituídos por vigas ou por alvenaria...”. (ARAÚJO, 2010, p.2).

De acordo com Baradi (2016, p. 5) “Laje maciça é aquela onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas”.

Trata-se de um sistema bastante comum entre edificações residenciais, construído basicamente por lajes, pilares e vigas (SPOHR, 2003). As principais vantagens e desvantagens desse sistema podem ser visualizados conforme Quadro 1:

Quadro 1- Vantagens e desvantagens do sistema de lajes maciças convencionais

Vantagens	Desvantagens
As vigas formam pórticos que contribuem para o contraventamento da estrutura;	Foi durante anos o sistema estrutural em concreto armado mais utilizado, fato que contribui para que a mão de obra esteja habituada com esse tipo de estrutura
Foi durante anos o sistema estrutural em concreto armado mais utilizado, fato que	Foi durante anos o sistema estrutural em concreto armado mais utilizado, fato que

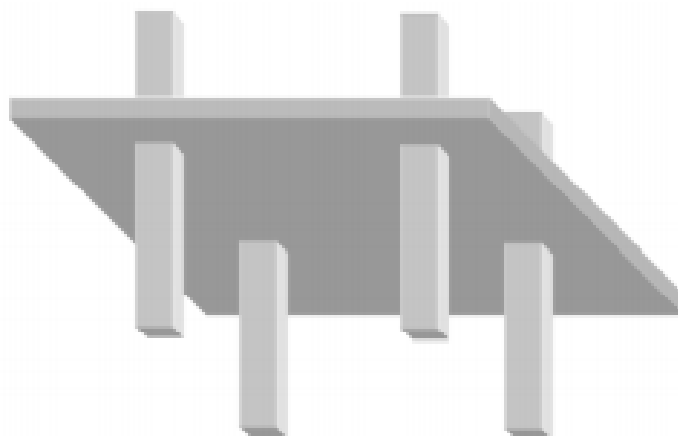
contribui para que a mão de obra esteja habituada com esse tipo de estrutura	contribui para que a mão de obra esteja habituada com esse tipo de estrutura
------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Albuquerque (2000, p. 21).

4.1.2.1.2 Lajes lisas

As lajes lisas possuem algumas características bastante particulares que as diferem do sistema convencional, tal como simplicidade, economia e facilidade na montagem e desmontagem. Lajes lisas, segundo a NBR 6118/2014 “são apoiadas nos pilares sem capitéis”.

Figura 20- Laje maciça lisa



Fonte: Henrichs (2003, p. 25).

As vantagens e desvantagens desse tipo de sistema estrutural são apresentadas por Araújo 2010 conforme Quadro 2

Quadro 2- Vantagens e desvantagens do sistema de lajes maciças convencionais

Vantagens	Desvantagens
Menor consumo de formas, por não apresentarem vigas;	- um dos principais problemas das lajes lisas, dentre as soluções estão no uso de armadura específica e/ou o aumento das seções das lajes no entorno do pilar, o que acarretaria a formação dos capitéis;
Menos recortes nas formas do assoalho da laje e consequentemente menos desperdícios;	- considerando uma mesma rigidez e mesmo vão, o deslocamento central das lajes sem vigas torna-se maior do que aquelas que as possuem;
Maior índice de reaproveitamento das formas das lajes, pois são montadas e desmontadas com mais facilidade;	- principalmente nos edifícios esbeltos a ausência das vigas implica em maiores deslocamentos horizontais e consequentemente contribui para o aumento da instabilidade da estrutura. Dentre as alternativas para minimizar

	esses efeitos está à criação de núcleos rígidos através de paredes de concreto no foço do elevador ou nos vãos das escadas.
Menor incidência de mão de obra da carpintaria na execução	
Racionalização e padronização dos cimbramentos, pois apresentam tetos lisos com altura constante;	
Redução das atividades de corte, dobra e montagem das armaduras, que acontecerão apenas nas armaduras de lajes e pilares; pois as vigas deixam de existir nesse tipo de modelo estrutural;	
Redução de mão de obra dos armadores;	
Diminuição dos locais onde poderiam apresentar falhas durante a concretagem, pois apresentam poucos recortes que dificultam o acesso de vibradores;	
A ausência das vigas no interior da edificação permite uma redução do pé-direito da edificação que poderá inclusive apresentar maior número de pavimentos a depender da altura total da estrutura;	
Por apresentar tetos livres, facilita a passagem de tubulações hidráulicas e sanitárias, consequentemente reduz o número de curvas, fios, tubos, conexões e furos na estrutura, acarretando redução de custos e promovendo maior rapidez na execução	
Devido às simplificações citadas acima nas etapas de carpintaria, armação e instalações.	

Fonte: Araújo (2010, p. 18)

4.2 LAJES TRELIÇADAS: CONCEITOS

O sistema de lajes treliçadas tem sua gênese na Europa e no Brasil foi implantado visando superar as limitações econômicas e técnicas dos sistemas de lajes nervuradas pré-moldadas que até então já eram utilizadas (BELGO, 2018).

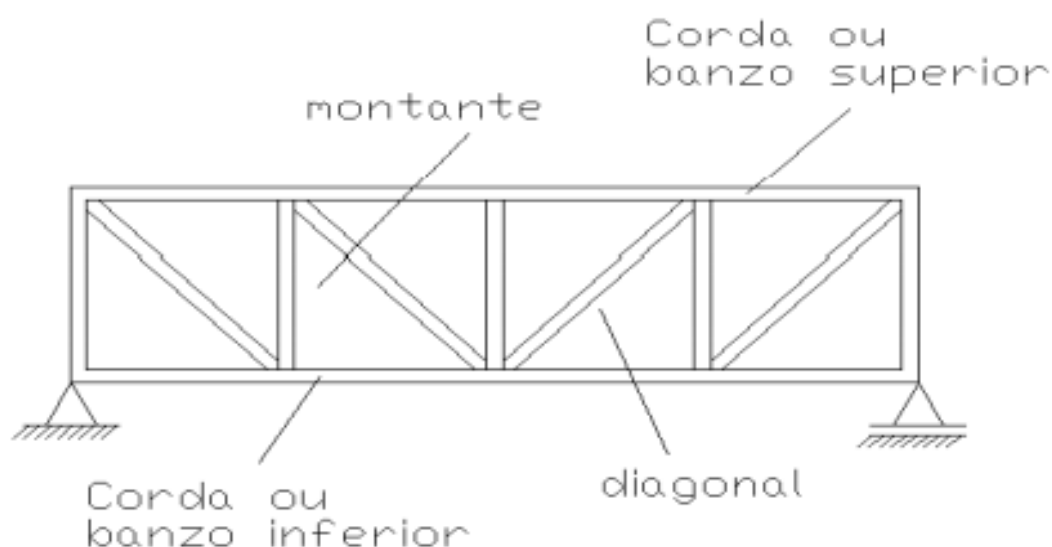
Recebem esse novo por serem constituídas por vigotas pré-moldadas com armações treliçadas “São formadas por elementos pré-moldados chamados de vigotas (trilho, de concreto armado ou protendido, ou treliça), por lajotas (normalmente cerâmicas) e por uma “capa de concreto” moldada no local” (CARVALHO; CARVALHO, 2016. p. 74).

A laje treliçada possui como composição uma armadura de ferro em forma de treliça e preenchida para pequenos vãos com lajotas cerâmicas ou isopor. Sua

espessura e ferragem dependem do vão a ser preenchido e da carga que se aplicará sobre ela, sendo que normalmente varia entre 12 e 30 cm (ARAÚJO, 2010).

São características das lajes treliçadas de isopor o isolamento térmico e acústico do ambiente; recortes nas tubulações mais simples de se realizar; menos peso, contendo menores cargas nas estruturas das fundações e necessidade de escoramento menor, execução rápida e facilidade de transporte, enquanto as lajes treliçadas de cerâmica possuem como principais características não necessitarem de utilização de formas; deformações menores, o que ocasiona menos surgimento de trincas; servem para qualquer tipo de estrutura (BELGO, 2018). A Figura 15 apresenta os elementos de uma laje treliçada.

Figura 21- Elementos de uma treliça



Fonte: Souza e Rodrigues (2008, p.29)

Em relação às etapas de fabricação das lajes treliçadas compreende: Limpeza das formas e aplicação do desmoldante; Aplicação do concreto; Colocação da treliça e armaduras adicionais; Cura do Concreto; Armazenamento; Transporte; Montagem; Escoramento e Concretagem da laje (CINTRA; VIEIRA; PRAXEDES, 2018).

Quadro 3- Etapas de fabricação das lajes treliçadas

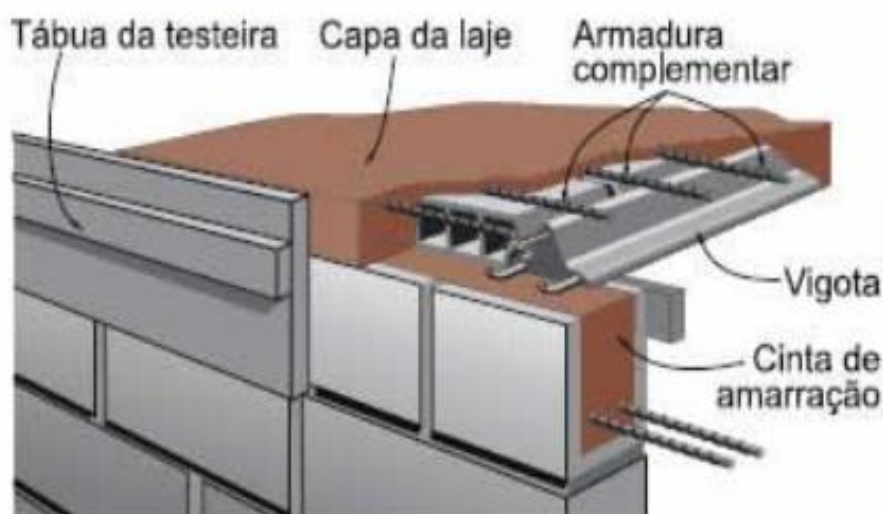
Limpeza das formas e aplicação do desmoldante Aplicação do concreto Colocação da treliça e armaduras adicionais Cura do Concreto

Armazenamento Transporte

Fonte: Cintra; Vieira; Praxedes (2018, os. 23, 24 e 25).

No processo de montagem da laje treliçada, conforme explica Carvalho e Figueiredo (2014), pode-se utilizar uma cinta de armação sobre a parede com barras (2 ou 3) e de forma simultânea realizar a concretagem.

Figura 22- Vigotas apoiadas sobre cinta de amarração



Fonte: Cintra; Veiga e Praxedes (2018, p. 25).

Colocando-se as vigas treliçadas, inicia-se o escoramento, realizado segundo o vão. É preciso escoar para que os trabalhadores alcancem a parte superior da laje para a concretagem, assim como para colocarem o material de enchimento (CINTRA; VIEIRA; PRAXEDES, 2018).

A retirada das fôrmas e do escoramento só pode ser feita quando o concreto estiver suficientemente endurecido para resistir às ações que sobre ele atuarem e não conduzir a deformações inaceitáveis, tendo em vista o baixo valor do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}) e a maior probabilidade de grande deformação diferida no tempo quando o concreto é solicitado com pouca idade (ABNT, 2004, p. 24)

Após a concretagem inicia-se o período da cura do concreto, podendo-se retirar o escoramento quando o concreto atingir o período de cura (CINTRA; VIEIRA; PRAXEDES, 2018).

4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DAS LAJES TRELIÇADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A laje treliçada são opções mais baratas se comparadas às lajes tradicionais de concreto, por esse motivo tem sido bastante utilizadas em construções civis. De acordo com Souza e Rodrigues (2008) as lajes treliçadas possuem algumas vantagens quando comparada às lajes tradicionais, tais como:

- Economia: A laje treliçada é mais econômica e acrescenta-se a isso o fato de que oferece alguns benefícios a mais. Ajudam a reduzir os custos da instalação, assim como menor precisão de mão de obra e uso de materiais na obra e menos escoramentos.

- Leveza: A laje treliçada combina com vários tipos de materiais.

- Facilidade de trabalho: O trabalho com as lajes treliçadas se tornam mais práticas do que com os modelos tradicionais, especialmente pela distribuição das tubulações hidráulicas e elétricas, além do conforto térmico e acústico que ela oferece para a construção. Pereira (2014) apresenta dentre algumas vantagens das lajes treliçadas:

A capacidade de vencer grandes vãos e suportar altas cargas;
Possibilidade de redução da quantidade de vigas e consequentemente de pilares e fundações do sistema estrutural de qualquer edificação;
Redução do custo final da estrutura, entre economia de aço, concreto, fôrma e mão-de-obra (PEREIRA, 2014, p. 4).

As lajes treliçadas são bastante utilizadas na construção civil devido sua característica de superar grandes vãos e grandes cargas e reduzir mão de obra o que consequentemente gera maior rapidez na montagem (SOUZA; RODRIGUES, 2008). Em concordância, Pereira (2014) expõe que as lajes treliçadas dão possibilidade de adequação perfeita a várias aplicações de maneira competitiva e racional.

O sistema construtivo de lajes treliçadas apresenta vantagens e desvantagens citado por Dalben (2010), na visão de vários autores, conforme apresenta o Quadro 4.

Quadro 4- Vantagens e desvantagens das lajes treliçadas, segundo autores.

Vantagens	Desvantagens
Redução de peso próprio, resultando menos cargas nas fundações (MUNIZ, 2008)	Dificuldade de se realizar as instalações prediais (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2004).
Possibilidade de colocar as tubulações elétricas entre a capa de concreto e a base de concreto pré-moldado (MUNIZ, 2008)	Carregamento em apenas uma direção nas vigas de contorno (FLÓRIO, 2003).
Redução drástica das fôrmas (MUNIZ, 2008)	
Permite a continuidade das lajes, apenas utilizando armadura negativa entre os apoios, sem que ocorra problema de fixação (MUNIZ, 2008)	
Reduz a quantidade de estoque, materiais e pessoas na obra. Além disso, reduz o número de ferreiros, carpinteiros e armadores, resultando em uma maior profundidade (MUNIZ, 2008).	
Reduz o prazo de execução da obra (MUNIZ, 2008).	

Fonte: Dalben (2010, p.4).

Pode-se observar que a adoção das lajes treliçadas corrobora na garantia do isolamento térmico, oferecendo equilíbrio entre a temperatura interna, além do baixo valor de comércio, leveza e rapidez na construção, dispensando mão de obra especializada.

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo baseou-se na pesquisa bibliográfica, que segundo Fachin (2017) é um agrupamento de conhecimentos que se reúnem em obras de várias espécies, e para Andrade (2017) pode ser um trabalho independente assim como ter um marco inicial a partir de outro trabalho.

Fez-se, necessário para a realização da pesquisa uma busca extenuante à procura de dados legítimos em bases da SciELO, tendo como descritores: Construção Civil. Lajes Trelaçadas. Sistemas Estruturais, os quais contribuíram para a constituição da mesma. Utilizou-se ainda como artigos indexados às bases de dados dos últimos 20 (vinte) anos, publicados em português e inglês.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ching; Onouye; Zuberbuhler (2009) e Souza e Rodrigues (2008) comungam do mesmo pensamento ao afirmarem que as edificações foram se desenvolvendo ao longo dos anos, iniciando-se com simples abrigos feitos de galhos de árvores e que aos poucos foi se modernizando até tomar as características que hoje possuem.

Souza e Rodrigues (2008) narram que a estrutura em uma construção civil é a parte mais resistente de uma construção, é que dá sustentação e segurança à obra, por isso, seja grande ou pequena, uma construção necessita de uma estrutura que lhe dê integridade.

Souza e Rodrigues (2008), assim como Baraldi (2016) elencam os tipos de estrutura mais utilizados em uma construção civil: estrutura de madeira, estrutura de aço ou metálica e estrutura de concreto armado), que se dividem em linear (duas barras da mesma ordem e grandeza e bem menores que a terceira barra); superfície (Duas barras da mesma ordem de grandeza e bem maiores que a terceira barra); volume (três barras da mesma ordem de grandeza).

Segundo Baraldi (2016); Oliveira (2014) e Maia (2019) quanto às estruturas lineares, são formadas dentre outros componentes por vigas, pilares, pórticos, grelhas, estruturas pênseis, arcos e treliças e no que tange às estruturas de superfície, dentre outras, se dividem em laje (maciça, nervuradas, pré-moldadas, treliçadas unidirecional, treliçadas bidirecional, alveolares, maciças convencionais, treliçadas e lisa).

De acordo com Belgo (2018) as lajes treliçadas iniciaram-se na Europa, e no Brasil, foi implantado com vistas à superação às limitações econômicas e técnicas dos sistemas de lajes nervuradas e pré-moldadas, já utilizadas.

Carvalho e Carvalho (2016) apresentaram que a origem do termo lajes “treliçadas”, se deu devido serem formadas por elementos pré-moldados chamados de treliça, cuja composição, Araújo (2010) diz ser uma armadura de ferro em forma de treliça e preenchida para pequenos vãos com lajotas cerâmicas ou isopor, cuja espessura e ferragem dependem do vão, normalmente variando entre 12 e 30 cm.

As características principais das lajes treliçadas, apresentadas por Belgo (2018) e Cintra; Vieira e Praxedes (2018) são: isolamento térmico e acústico, menos peso, execução rápida e facilidade de transporte, deformes menores e outros.

A laje treliçada é uma opção mais barata se comparada às lajes tradicionais

de concreto, sendo segundo Souza e Rodrigues (2008) e Araújo (2010) por esse motivo bastante utilizadas em construções civis.

Algumas vantagens elencadas por Souza e Rodrigues (2008) são economia, leveza e facilidade de trabalho.

7 CONCLUSÃO

Um projeto de construção sustentável, bem planejado e executado de obras, aliado ao uso de materiais sustentáveis e um plano eficiente de funcionamento e manutenção a longo prazo, gera inúmeros benefícios ambientais e sociais, além de ter maior valorização monetária do que um edifício de construção convencional. Os resultados evidenciaram que são grandes as vantagens em se utilizar as lajes treliçadas na construção civil, dentre elas a redução da quantidade de estoque, materiais e recursos humanos na obra e redução do prazo de execução da obra.

Assim, considera-se respondido a problemática do estudo “Quais são as vantagens da utilização de lajes treliçadas na construção civil?”, assim como alcançados os objetivos geral de realizar uma análise do uso das lajes treliçadas na construção civil com a observância das vantagens e desvantagens desse uso e os específicos de Descrever sistemas estruturais na construção civil; conceituar laje treliçada e descrever as vantagens e desvantagens do uso das lajes treliçadas na construção civil.

Ao findar este trabalho, apesar da satisfação do dever cumprido, não se considera um trabalho finalizado, mas sim uma base teórica para que novas e mais profundas pesquisas sobre a temática proposta se iniciem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT -ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estrutura de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114/2004**: **Resíduos sólidos da Construção Civil**. Rio de Janeiro, 2004.

ALBUQUERQUE, A.T. **Análise de alternativas para edifícios em concreto armado**. 1998.100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000.

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2017.

ARAÚJO, J.M. **Curso de concreto armado**. 3 ed. Rio Grande: Dunas, 2010.

BARALDI, L. T. **Sistemas Estruturais**. USP. 2016. Disponível em https://www.academia.edu/37495511/SISTEMAS_ESTRUTURAIIS_ENGENHARIA_CIVIL. Acesso em 14.10.2021.

BASTOS, P. S. S. **Lajes de Concreto**. Faculdade Estadual Paulista. UNESP. Bauru – SP. 2015. Disponível em <http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. Acesso em 15.10.2020.

BELGO, Grupo Arcelor. **Manual Técnico de lajes treliçadas**. 2018. Disponível em <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14280/material/Lajes%20Trelisadas%20-%20Manual%20Lajes%20Trelisadas%20-%20BELGO.pdf>. Acesso em 10.10.2021.

CARVALHO, Roberto Chust; CARVALHO, Jasson Rodrigues F.F; **Concreto Armado**.4ª edição; 2016;

CARVALHO, R.; FIGUEIREDO FILHO, J. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EDUFSCar, 2014

CHAER, A. V. **Elementos estruturais**. Universidade Católica de Goiás. Departamento de Engenharia. 2018. Disponível em http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/3922/material/c01_elementos%20estruturais.pdf. Acesso em 11.10.2021.

CHING, F. D. K.; ONOUYE, B. S.; ZUBERBUHLER, D. **Sistemas estruturais ilustrados**. Padrões, sistemas e projeto. 2009. Disponível em <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxlc3RydXR1cmFzdWZqZnxneDo3NWI2MTlyZjllODBiNDlj>. Acesso em

09.10.2021.

CINTRA; D. O.; VIEIRA, J. J.; PRAXES, L. B. **Cálculo da armadura adicional de lajes treliçadas unidirecionais**: uma análise comparativa entre o cálculo manual e o software Gerdau. UNI-FACEF Centro Universitário de Franca. Franca 2018. Disponível em <https://www.unifacef.com.br/wp-content/uploads/2019/01/C%C3%81LCULO-DA-ARMADURA-ADICIONAL-DE-LAJES-TRELI%C3%87ADAS-UNIDIRECIONAIS.pdf>. Acesso em 10.10.2021.

DALBEN, D. **Lajes maciças convencionais, nervuradas com cubas plásticas e nervuradas treliçadas**: análise comparativa. 2010. XXIII Seminário de Iniciação Científica. Disponível em <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:DCgcMYsP6qgJ:https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/view/5036/4220+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br> . Acesso em 20.10.2021.

DORNELES, D. M. **Lajes na construção civil brasileira**: um estudo de caso em Edifício residencial em Santa Maria – Universidade Federal de Santa Maria - RS. Santa Maria – RS. 2014. Disponível em http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2014/TCC_DOUGLAS%20MEDEIROS%20DORNELES.pdf. Acesso em 20.10.2021.

DORO, P. S, **Sistemas estruturais para edificações**, Campinas - SP, 2000.

DROPPA JR, A. **Análise estrutural de lajes formadas por elementos pré-moldados tipo vigota com armação treliçada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

FACHIN, O. **Fundamentos da metodologia científica**: noções básicas em pesquisa científica. 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

FERREIRA, R.M. **Laje nervurada unidirecional com pré-laje treliçada e elemento de enchimento**. UFRJ. Escola Politécnica. Rio de Janeiro, 2015.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS PROJETOS. **A Produtividade da Construção Civil Brasileira**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2012.

CINTRA, D. O.; VIEIRA, J. J.; PRAXEDES, L. B. **Cálculo de armadura adicional de lajes treliçadas unidirecionais**: uma análise comparativa entre cálculo manual e software Gerdau. UNI-FACEF – Centro Universitário de Franca. Franca, 2018. Disponível em <https://www.unifacef.com.br/wp-content/uploads/2019/01/C%C3%81LCULO-DA-ARMADURA-ADICIONAL-DE-LAJES-TRELI%C3%87ADAS-UNIDIRECIONAIS.pdf>. Acesso em 20.10.2021.

HENRICHES, C. A. **Estudo sobre modelagem de lajes planas**. 2003. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia

Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MAIA, V. **Engenharia Civil: análise estrutural**. EduQC. 2019. Disponível em <https://eduqc.com.br/concursos/engenharia/engenharia-civil-analise-estrutural/#:~:text=As%20grelhas%20s%C3%A3o%20constitu%C3%ADdas%20por,principais%20s%C3%A3o%20constitu%C3%ADdos%20por%20cabos>. Acesso em 20.10.2021.

PEREIRA, G. M. R. **Sistemas Estruturais em Grelha**. 2019. Disponível em https://www.academia.edu/38589615/SISTEMAS_ESTRUTURAIS_EM_grelhas. Acesso em 12.10.2020.

PEREIRA, D. E. G. **Classificação das lajes**. Universidade Estadual de Goiás. 2014. Disponível em <https://www.docsity.com/pt/tipos-de-lajes-1/4889812/>. Acesso em 20.10.2021.

OLIVEIRA, M. B. **Modelagem dos sistemas estruturais: aula 07**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ. 2014. Disponível em <https://docplayer.com.br/14315477-Modelagem-dos-sistemas-estruturais-aula-07.html>. Acesso em 20.10.2021.

SANTOS, A. R. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SOUZA, M. F. S. M.; RODRIGUES, R. B. **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008. Disponível em http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf. Acesso em 20.10.2021.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares**. Curso de Engenharia de Estruturas. Centro Universitário de Lins – Unilins. Lins: Unilins, 2014.