



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**ESTRUTURAS DE MADEIRA E DE AÇO PARA TELHADOS: VANTAGENS E
DESVANTAGENS DO USO NA ENGENHARIA CIVIL**

DANIEL PONTES VIEIRA DINIZ

Angicos/RN
2018

DANIEL PONTES VIEIRA DINIZ

**ESTRUTURAS DE MADEIRA E DE AÇO PARA TELHADOS: VANTAGENS E
DESVANTAGENS DO USO NA ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito
básico para a conclusão do Curso de
Bacharelado em Ciências e
Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. Rafael da Costa
Ferreira – UFERSA

Angicos-RN

2018

DANIEL PONTES VIEIRA DINIZ

**ESTRUTURAS DE MADEIRA E DE AÇO PARA TELHADOS: VANTAGENS E
DESVANTAGENS DO USO NA ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado na Universidade Federal
Rural do Semi-Árido como requisito
básico para a conclusão do Curso de
Bacharelado em Ciências e Tecnologia.

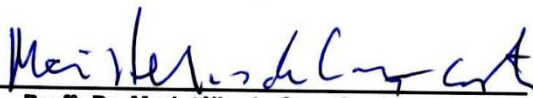
Orientador: Prof. Dr. Rafael da Costa
Ferreira – UFERSA.

Aprovado em: ____/____/____

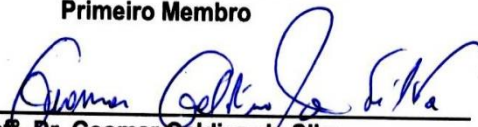
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira
Presidente



Prof. Dr. Maristério da Cruz Costa
Primeiro Membro



Prof. Dr. Geomar Galdino da Silva
Segundo Membro

Angicos-RN

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a **Deus**, que possibilitou tudo o que aconteceu em minha vida.

À **Maria Ivanira Pontes**, minha Mãe, minha amiga para todas as horas, que sempre me apoiou e me orientou para o bem.

À **Diogenes Vieira Diniz**, meu Pai, que sempre me ajudou e ensinou a minha pessoa à se tornar a pessoa o que sou hoje

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, que me concedeu a vida, por sua enorme compaixão, diretor do meu destino, meu refúgio, sempre presente na hora da angústia me confortando e me guiando.

À Maria Ivanira Pontes, minha mãe, maior exemplo de amor à seu filho. A mais presente de todas. Que sempre esteve do meu lado me orientando.

À Diogenes Vieira Diniz, meu Pai, por estar sempre presente, educando e garantindo condições para a minha vida presente e futura.

À João Batista dos Santos, meu amigo, que me ajudou na conclusão deste trabalho, me orientando mesmo quando não se tinha tempo disponível.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira, pelo incentivo, pelas orientações e pela confiança que em mim depositou.

A todos os professores, que repassaram conhecimentos que foram fundamentais para minha vida acadêmica e conclusão desse trabalho.

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”
Albert Einstein

RESUMO

O aço como matéria-prima para a construção civil já vem ganhando conotação mundial há tempos, no Brasil não seria diferente, ainda mais quando se é lembrado que o país é o oitavo maior produtor de aço do mundo, as indústrias de aço estão cada vez mais transportando novas tecnologias e elevando o nível de qualidade, colaborando também para a preservação das florestas nativas, já que, além da diminuição do uso de madeira, que ainda é a principal matéria prima empregada no uso de telhados no âmbito da construção civil, o aço ainda é um material 100% reciclável, se tornando assim um candidato competitivo na construção de estruturas para telhados. Mas, por outro lado, a madeira ainda se deleita de total tradição, além de ser a forma mais convencional, é fácil de se encontrar mão de obra especializada para executar um bom trabalho de instalação, buscando sempre empregar novas espécies e novos componentes produzidos em laboratórios. Conclui-se que o uso do aço em estruturas de telhado é vantajoso em relação ao uso de madeira na mesma.

Palavras-chave: Construção civil. Aço. Madeira. Telhado.

ABSTRACT

Steel as a raw material for civil construction has been gaining global connotation for some time, in Brazil it would not be different, especially when it is remembered that the country is the eighth largest producer of steel in the world, steel industries are increasingly more transporting new technologies and increasing the level of quality, also contributing to the preservation of native forests, since, in addition to the decrease in the use of wood, which is still the main raw material used in the use of roofs in civil construction, steel is still a 100% recyclable material, thus becoming a competitive candidate in the construction of roof structures. But, on the other hand, wood is still full of tradition, besides being the most conventional form, it is easy to find skilled labor to perform a good installation work, always seeking to employ new species and new components produced in laboratories. It is concluded that the use of steel in roof structures is advantageous in relation to the use of wood in the same.

Keywords: Civil construction. Stainless steel. Roof.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias de uso.....	29
Quadro 2 – Dimensões padronizadas das telhas onduladas de fibrocimento.....	49
Quadro 3 – Dimensões padronizadas da telha de concreto do tipo Tégula.....	50
Quadro 4 – Dimensões das chapas onduladas de poliéster.....	50
Quadro 5 – Energia combustível fóssil consumida na produção de alguns materiais.....	61
Quadro 6 – Quadro comparativo com vantagens de cada material sobre o concorrente.....	66
Quadro 7 – Quadro comparativo com desvantagens de cada material sobre o concorrente.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de estrutura simples de madeira à esquerda e estrutura simples utilizando travamento à direita.....	20
Figura 2 – Instalações subterrâneas no Rio Grande do sul.....	20
Figura 3 – Ponte sobre o rio Severn, próximo à Coalbrookdale (Inglaterra) em 1779.....	23
Figura 4 – Ponte sobre o rio Severn, próximo à Coalbrookdale (Inglaterra) atualmente.....	23
Figura 5 – Tipos de coberturas.....	28
Figura 6 – Madeiramento tradicional.....	32
Figura 7 – Terminologia da tesoura.....	33
Figura 8 – Estrutura da tesoura.....	34
Figura 9 – Tipos de estruturas de tesouras.....	34
Figura 10 – Exemplo de tesoura de madeira.....	36
Figura 11 – Exemplo de tesoura de aço.....	37
Figura 12 – Exemplo de treliça espacial.....	37
Figura 13 – Esquema do apoio das terças nas tesouras.....	38
Figura 14 – Esquema de estrutura de telhado com terças, caibros e ripas.....	39
Figura 15 – Fixação da terça com chapuz de madeira.....	40
Figura 16 – Fixação da terça com cantoneira metálica.....	41
Figura 17 – Exemplo de terça de madeira.....	41
Figura 18 – Exemplo de utilização de caibros e ripas.....	42
Figura 19 – Seções de perfis C.....	43
Figura 20 – Exemplos de utilização de perfil U enrijecido.....	45
Figura 21 – Elementos da estrutura secundária na treliça espacial.....	45
Figura 22 – Características do engradamento metálico.....	46
Figura 23 – Catálogo simplificado de perfis.....	47
Figura 24 – Diferença entre engradamento metálico e engradamento de madeira..	47
Figura 25 – Exemplo de utilização do engradamento metálico.....	48
Figura 26 – Telha germânica.....	52

Figura 27 – Shingles.....	52
Figura 28 – Ardósia tipo colmeia.....	52
Figura 29 – Ardósia tipo escama de peixe.....	53
Figura 30 – Cerâmica uruguaia.....	53
Figura 31 – Cimento tipo suíça.....	53
Figura 32 – Plana germânica esmaltada.....	54
Figura 33 – Pizarra.....	54
Figura 34 – Tipo tégula de poliéster e de argamassa de cimento.....	55
Figura 35 – Telha francesa, de cerâmica, cerâmica esmaltada e de vidro.....	56
Figura 36 – Telha de concreto.....	56
Figura 37 – Telha japonesa.....	56
Figura 38 – Telha portuguesa, de cerâmica, cerâmica esmaltada e de vidro.....	57
Figura 39 – Telha romana quadrada, de cerâmica e de vidro, respectivamente.....	57
Figura 40 – Telha holandesa.....	57
Figura 41 – Telha italiana.....	58
Figura 42 – Telha americana.....	58
Figura 43 – Telha colonial, do tipo vermelha, branca e mesclada.....	59
Figura 44 – Telha capa e canal, do tipo cerâmica vermelha e de vidro.....	59
Figura 45 – Telha capa e canal do tipo plan, cerâmica e de vidro.....	59
Figura 46 – Telha de fibrocimento.....	60
Figura 47 – telhas de vários materiais.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM – American Society for Testing and Materials

CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço

Cm – Centímetros

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

GR – Grau de Resistência

KG – Quilograma

M – Metro

mm – Milímetro

M² - Metro Quadrado

M³ - Metro Cúbico

MJ – Mega Joule

OSB – Oriented Strand Board

PVC – Policloreto de Vinila

UN – Unidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	METODOLOGIA.....	18
3.	EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO.....	19
3.1	Adoção da madeira em construções.....	19
3.2	Adoção do aço em construções.....	22
4.	PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS.....	25
4.1	Propriedades físico-mecânicas da madeira.....	25
4.2	Propriedades físico-mecânicas do aço.....	25
5.	CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURAS.....	26
5.1	Estrutura do telhado.....	26
5.1.1	Estruturas de madeira.....	28
5.1.2	Estruturas de aço.....	30
5.2	Elementos da estrutura do telhado.....	31
5.2.1	Tesoura.....	33
5.2.1.1	Tesoura de madeira.....	36
5.2.1.2	Tesoura de aço.....	36
5.2.2	Terças, caibros e ripas.....	37
5.2.2.1	Terças, caibros e ripas de madeira.....	39
5.2.2.2	Terças, caibros e ripas de aço.....	43
6.	TELHAS.....	48
6.1	Tipos de telhas.....	48
6.2	Tipos de telhas segundo a inclinação.....	51
6.2.1	Inclinação superior a 100%.....	51
6.2.2	Inclinação entre 30% e 100%.....	54
6.2.3	Inclinação entre 20% e 30%.....	58
6.2.4	Inclinação menor do que 20%.....	60
7.	VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E DAS ESTRUTURAS METÁLICAS.....	61
7.1	Vantagens e desvantagens das estruturas de madeira.....	61
7.1.1	Vantagens.....	61
7.1.2	Desvantagens.....	62

7.2	Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas.....	63
7.2.1	Vantagens.....	63
7.2.2	Desvantagens.....	65
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	REFERÊNCIAS.....	69

1. INTRODUÇÃO

A estrutura do telhado de um espaço fechado é um dos componentes mais importantes na engenharia civil, importante para a qualidade do produto final, residências, grandes edificações, estabelecimentos, entre outros. Consequentemente sempre foi alvo de estudos para se melhorar a eficácia de tais estruturas, sempre buscando inovações; seja no peso, no material, na estética, na preocupação ambiental, mas, que sempre atendessem o propósito final.

Nos dias atuais a madeira ainda é a matéria prima mais empregada para a feitura dos telhados nos mais diversos tipos de edificação, contando com inúmeras formas e tipos de ser utilizada. É fato que com o passar do tempo o uso da madeira foi cada vez mais bem empregado, mas, por outro lado, em outros tempos encontrava-se uma quantidade maior e de baixo custo de madeira, o uso excessivo ao longo do tempo, foi resultando num esgotamento dos recursos naturais e na devastação da vegetação, com a inesgotável procura do ser humano de evoluir e resolver problemas, e com a preocupação cada vez maior no âmbito ambiental, um item está ganhando cada vez mais reconhecimento de ganhando força no mercado, o aço.

Entre o aço e a madeira já existe uma concorrência significativa entre os fornecedores de material de construção, as estruturas metálicas vêm tomando espaço pela promessa de uma maior agilidade e a industrialização do processo construtivo, com perda zero de materiais, boa resistência estrutural, maior vida útil, além de o sistema construtivo em aço ser totalmente compatível com qualquer tipo de material de fechamento. (NARDIN, 2008).

Além de, segundo o CBCA, a construção em aço está em harmonia com o conceito de sustentabilidade, pois, o aço é um material 100% reciclável sem perder nenhuma de suas qualidades devido as suas propriedades magnéticas que não são encontradas em outros material podendo ser separada facilmente, facilitando a reciclagem, a mesma pode mesmo a edificação chegando ao seu esgotamento, retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço; não é poluente ao meio ambiente, pois o aço é obtido a partir do minério de ferro, do que resulta em um material que não libera substâncias agressivas ao meio ambiente.

A indústria do aço vem tentando demonstrar uma melhor organização, segurança e qualidade, apresentando uma maior agilidade, conseqüentemente uma maior produtividade atrelada a menores desperdícios, já que as peças de aço são produzidas fora do canteiro de obras e são encomendadas com proporções pré-definidas para cada estrutura, diminuindo o tempo de construção e acarretando também em perda zero de materiais.

A estrutura para telhados com os dois materiais, tanto com o uso da madeira, tanto para o uso do aço, é composto por vigas e treliças. Na estrutura de aço é comumente chamada de engradamento metálico, aonde os seus elementos utilizam perfis de aço galvanizado, aparafusados entre si, para dar sustentação às telhas da cobertura, na estrutura de madeira também é empregada elementos galvanizados como parafusos, pregos, chapas e conectores estruturais.

Diante de todas as vantagens e desvantagens dos dois tipos de estruturas citados, a estrutura convencional e a estrutura metálica, é importante estudar e tornar acessível o conhecimento sobre estes diferentes tipos de coberturas, promovendo redução nos custos no canteiro de obras e facilitando a tomada de decisão por parte dos usuários.

O presente trabalho propõe caracterizar os diferentes tipos de coberturas com estruturas de madeira e aço, apresentando suas vantagens e desvantagens para pequenas, médias e grandes edificações, levando em conta características físicas, químicas e estéticas dos materiais, levando também em apreço o clima, e a localização geográfica em que a edificação será fixada.

O objetivo geral do trabalho é a comparação da efetividade dos materiais usados para estruturas dos telhados na prática da construção civil, através do estudo das vantagens e desvantagens, em diversas edificações, com o apoio dos objetivos específicos, que se tratam do levantamento bibliográfico das propriedades e

características do aço e da madeira, e um levantamento documental sobre a história e aplicação dos materiais no âmbito da construção civil.

2. METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico sobre todas as características físicas, químicas e biológicas do aço e da madeira, levando em consideração o comportamento dos materiais citados quando aplicados na construção civil, juntamente com os fatores climáticos e geográficos.

3. EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Desde a antiguidade a história do homem está relacionada aos materiais, começando pelo uso de materiais que lhes atribuíssem facilidades na caça, para garantir-lhes alimentação, até o uso de materiais relacionados a moradia, em razão da necessidade de se abandonar as cavernas por diversos fatores, como a procura por locais com maior facilidade de se encontrar alimentação, por maior segurança, maior proteção contra climas adversos, entre outros.

A relação estreita entre Homem e materiais se configurou tão significativa e importante, como ainda se configura, que eras diferentes da humanidade receberam o nome do material mais importante em cada uma delas desde a Idade da Pedra à Era dos Metais (NAVARRO, 2006, p. 2)

Segundo Campos (2002), na Europa ocidental a arte da construção apareceu pela primeira vez de uma forma mais organizada, no Império Romano, na Idade Média, as principais obras foram castelos e construções religiosas.

O Início da engenharia moderna se dá no período da revolução industrial, aonde se teve uma grande criação e desenvolvimento de novos materiais, sistemas e métodos de construção (CAMPOS, 2002).

As técnicas empregadas nas construções e os materiais empregadas nas mesmas foram mudando através dos anos, por causa de uma crescente oferta de novas tecnologias, foram surgindo novos projetos, processos e produtos, enquanto outros foram se tornando obsoletos, dois materiais se destacam na construção civil: A madeira que foi umas das primeiras matérias-primas a ser usada como material de construção, que vem sendo amplamente usada desde os primórdios da humanidade; E o aço que é um material relativamente novo, mas que é de fundamental importância atual na realização de pequenas á grandes obras.

3.1 Adoção da madeira em construções

O uso da madeira como material de construção vem em sintonia com o ser humano há milhares de anos, desde a construção das primeiras moradias fora das

cavernas, até as cidades contemporâneas. Durante esse período foram desenvolvidas inúmeras técnicas construtivas usando a madeira como elemento estrutural.

A madeira foi um dos primeiros materiais de construção utilizados pelo homem, registros apresentam seu uso a partir do período neolítico (entre 12000 a.C e 4000 a.C), principalmente devido á facilidade com que era encontrada e a fácil extração. Provavelmente no início era utilizada como apoio para a cobertura feita de folhas ou capim. A edificação de estruturas com grandes dimensões como armazéns e celeiros obrigou os construtores da antiguidade a buscarem novas formas de utilizar a madeira; surgiram assim as escoras e o travamento longitudinal” (SOUTO, 2016, p. 65)

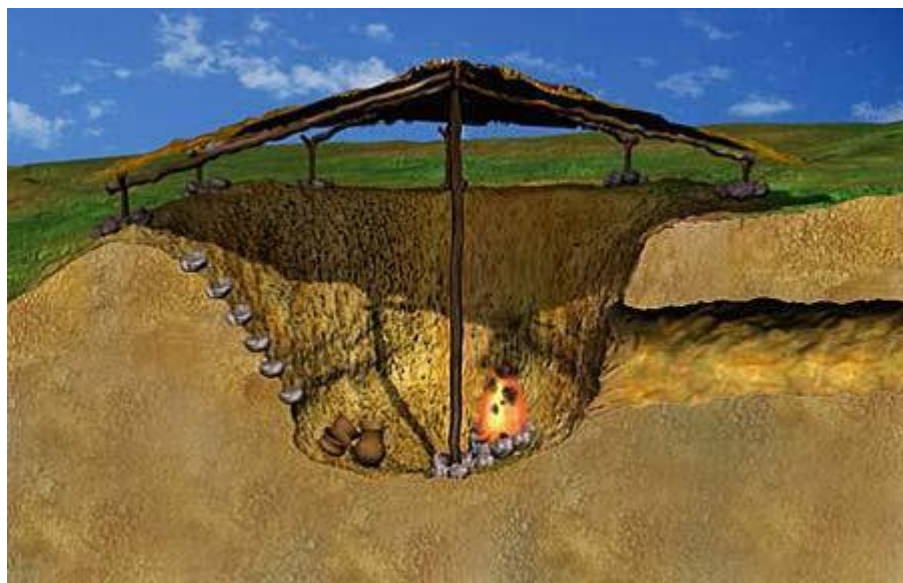
Figura 1 – Representação de estrutura simples de madeira à esquerda e estrutura simples utilizando travamento à direita



Fonte: Costa (2013)

Segundo Souto (2016), durante muito tempo o funcionário mais procurado para a consumação de inúmeras obras, foi o funcionário voltado para a área da carpintaria, já que a madeira era usada em praticamente tudo, de pequenas casas até castelos e obras religiosas. A figura 2 ilustra um exemplo de estrutura de madeira usado antigamente

Figura 2 – Instalações subterrâneas no Rio Grande do Sul



Fonte: História e Vestibular (2014)

Por suas características técnicas, estéticas e econômicas, é um ótimo material e matéria prima de múltiplo aproveitamento, que dificilmente esses atributos serão encontrados em conjunto em outros materiais. A madeira possui uma variada gama de utilizações, a mesma está presente em todas as etapas “Desde suporte no canteiro de obras, como escoras, fôrmas e andaimes; na parte estrutural sendo largamente utilizada em estruturas de cobertura, até a fase de acabamento onde é encontrada em forros, pisos, esquadrias e deckings” (VEDANA, 2011, p. 6). Ainda segundo Vedana (2011), são listados alguns grupos de destinações da madeira na construção civil, como: Pesada externa em que consiste nas madeiras serradas mais resistentes utilizadas em obras imersas, pontes, estacas marítimas, estruturas pesadas, postes, cruzetas, estacas, vigamentos e escoras; Pesada interna são madeiras empregadas em estruturas de coberturas como vigas, caibros, tábuas e pranchas; Leve externa e interna estrutural que são as tábuas e pontaletes para usos temporários, como andaimes, escoramentos, fôrmas para concreto, e ripas e caibros usados em partes secundárias de estruturas de cobertura; Leve interna decorativa são madeiras serradas com utilização em forros, painéis, lambris e guarnições; Leve interna de utilidade geral, tem as mesmas características da anterior, porém, sem necessidade de fatores decorativos; Leve em esquadrias que é a madeira beneficiada para portas, portais, caixilhos e venezianas; Assoalhos domésticos que reúne tanto produtos de madeira sólida, quanto madeira beneficiada como assoalhos, tábuas corridas, tacos e

parquetes; entre outros grupos como o OSB, painel de cimento-madeira e a madeira laminada colada.

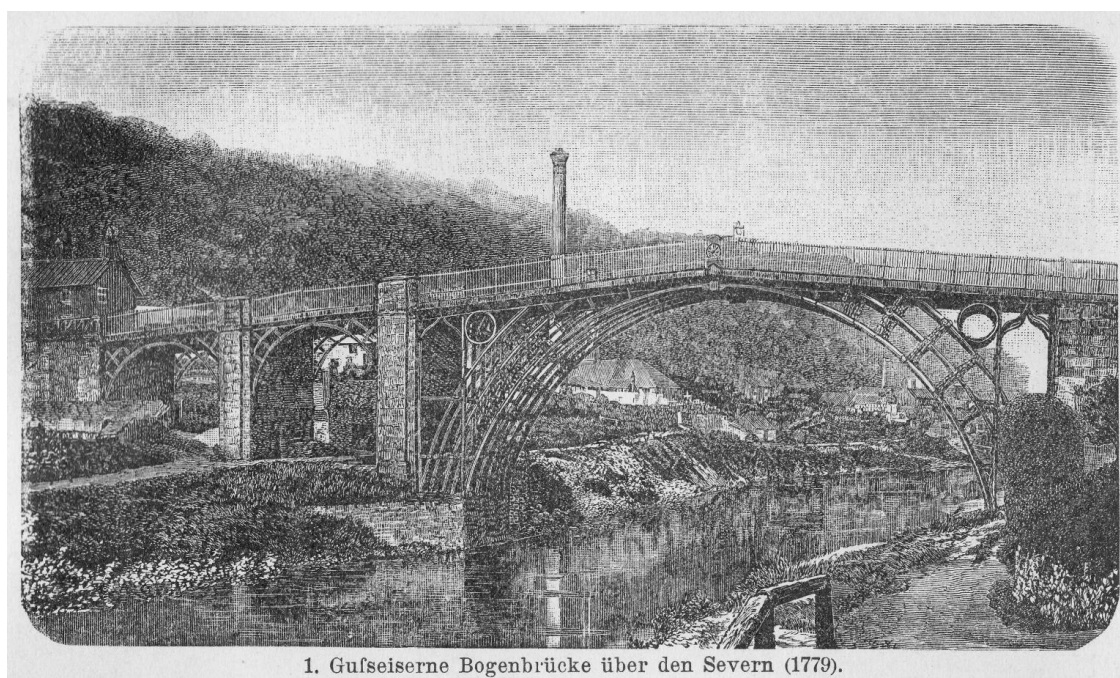
3.2 Adoção do aço em construções

A palavra siderurgia é derivada do latim Sidus, que significa estrela ou astro, devido fato de o Homem ter seu primeiro contato com o ferro através de meteoritos caídos do espaço segundo Dias (2001)

O primeiro indício da obtenção do metal mediante fusão do minério de ferro surgiu no sul do Cáucaso, entre os Hititas, e data aproximadamente 1700 a.C. O processo primitivo de fusão consistia em aquecer uma mistura de minério e carvão vegetal dentro de buracos abertos no solo. Formava-se uma massa pastosa que, em seguida, era batida para que as impurezas se desprendessem. O produto resultante desse tosco processo poderia ser classificado como ferro forjado. (ROBERT, 1980, apud DIAS, 2001, p. 10)

A separação entre o ferro e o aço foi determinada na revolução industrial, causada pela invenção dos fornos que corrigiam as impurezas do ferro e lhes adicionava propriedades de resistência ao impacto, desgaste e à corrosão, somado também ao seu baixo custo, se tornou um material capaz de competir com variados materiais de fins diversos e competir também com os materiais de construção já consagrados historicamente, e passou a representar cerca de 90% de todos os metais consumidos pela civilização industrial (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011 apud FELÍCIO, 2012). “As primeiras obras em aço datam de 1750, quando se descobriu a maneira de produzi-lo industrialmente. [...] na França por volta de 1780, na escadaria do louvre e no teatro do Palais Royal, e na Inglaterra, em 1757, onde se fez uma ponte de ferro fundido” (BELLEI, 1998, p. 1).

Figura 3 - Ponte sobre o rio Severn, próximo à Coalbrookdale (Inglaterra) em 1779



Fonte: Brito (2013)

Figura 4 - Ponte sobre o rio Severn, próximo à Coalbrookdale (Inglaterra) atualmente



Fonte: Brito (2013)

As primeiras iniciativas de produção de ferro no Brasil, foi ainda no Brasil colônia por volta de 1532, “ por um período de aproximadamente dois anos, o ferreiro Bartolomeu se encarregou da feitura de facões, enxadas, machados, anzóis e ferramentas de todo o tipo, necessárias para os trabalhos rurais e para a montagem dos primeiros engenhos de açúcar” (NEVES, 2013, p. 26). Segundo Neves (2013) foi por volta de 1589 que foi iniciada a industrialização de ferro no Brasil, quando o bandeirante, Afonso Sardinha juntamente com o seu filho encontraram minério de ferro enquanto estavam à procura de ouro e metal, Sardinha como mestre na arte da fusão de metais fundou em 1591 uma pequena forja, que se tornou depois a primeira usina siderúrgica reconhecida no País. Foi apenas em 1941 que a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) foi fundada, que para Vargas, presidente da época, o desenvolvimento da produção siderúrgica em grande escala era primordial para o processo de industrialização do país.

“As características de homogeneidade, tenacidade e resistência do aço o inserem como material de construção” (Companhia Siderúrgica Nacional, 2011, p.3). Durante décadas a madeira foi a principal matéria-prima para construções em geral e o seu uso foi cada vez mais bem empregado, mas, por outro lado, em outros tempos encontrava-se uma quantidade maior e de baixo custo, o uso excessivo ao longo do tempo, foi resultando num esgotamento dos recursos naturais e na devastação da vegetação, com a inesgotável procura do ser humano de evoluir e resolver problemas, e com a preocupação cada vez maior no âmbito ambiental, o aço vem ganhando cada vez mais reconhecimento e força no mercado.

O aço é um tipo de material metálico aplicado em praticamente todos os setores e para variados usos, utilizado na fabricação de peças (parafusos, pregos, engrenagens, porcas, etc), na fabricação de ferramentas (martelo, pá, serra, etc), diretamente nas estruturas como em edifícios, pontes, indústrias, galpões, aeroportos. A classificação mais frequente na literatura técnica é à associação imediata entre o tipo de aço e a aplicação pretendida para o mesmo, a classificação se define em aços estruturais, aços para molas, aços para beneficiamento, aços para cementação ou nitretação, aços para ferramentas.

4. PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS

4.1 Propriedades físico-mecânicas da madeira

A escolha da madeira de determinadas espécies para quaisquer aplicações, somente poderá ser efetivada, garantindo segurança, quando for de conhecimento, os valores médios que definem o seu comportamento físico e sua resistência às solicitações mecânicas. As características físicas desse material definem o comportamento do mesmo e também as alterações que o seu estado físico sofre, quando atingidos por variações de umidade e temperatura por exemplo. Essas características são: Umidade; retratibilidade; densidade; condutibilidade elétrica, térmica e fônica; e a resistência ao fogo. As propriedades mecânicas da madeira, são as suas características de resistência aos tipos de solicitações mecânicas enfrentadas. As características mecânicas estão ligadas à anisotropia da madeira, à sua heterogeneidade, capacidade de absorção de água, e também a variedade, distribuição, concentração de seus constituintes celulares (fibras e traqueídeos, vasos lenhosos, raios medulares e células parenquimáticas). Há uma classificação, apenas para separação das características, que leva em conta a anisotropia, que separa as características mecânicas em: Principais que são realizadas no sentido axial ou no sentido das fibras, são relacionadas à sua coesão axial (compressão, tração, flexão estática e flexão dinâmica); secundárias que exercem transversalmente às fibras, relacionadas à sua coesão transversal (compressão e tração normal às fibras, torção, cisalhamento e fendilhamento) (BAUER, 2017).

4.2 Propriedades físico-mecânicas do aço

As propriedades físicas representam a física do material, como a aparência, densidade, condutividade térmica, módulo de elasticidade, etc. É sabido que às propriedades mecânicas contém os atributos mais importantes do aço para a aplicação na construção civil.

As propriedades mecânicas definem o comportamento dos aços quando sujeitos a esforços mecânicos e correspondem às propriedades que determinam a sua capacidade de resistir e transmitir os esforços que lhes são aplicados, sem que se rompam ou tenham deformações excessivas (DIAS, 1997, p. 71)

As propriedades do aço, segundo Pfeil (2017, p. 16) são:

- a) Ductilidade – Denomina-se ductilidade a capacidade de o material se deformar sob a ação das cargas. Os aços dúcteis, quando sujeitos a tensões locais elevadas, sofrem deformações plásticas capazes de redistribuir as tensões. [...] a ductilidade tem importância porque conduz a mecanismos de ruptura acompanhados de grandes deformações que fornecem avisos da atuação de cargas elevada;
- b) Fragilidade – É o oposto da ductilidade. Os aços podem se tornar frágeis pela ação de diversos agentes: baixa temperatura ambiente, efeitos térmicos locais causados, por exemplo, por solda elétrica etc. O estudo das condições em que os aços se tornam frágeis tem grande importância nas construções metálicas, uma vez que os materiais frágeis se rompem bruscamente, sem aviso prévio;
- c) Resiliência e Tenacidade – Estas duas propriedades se relacionam com a capacidade do metal de absorver energia mecânica [...]. Resiliência é a capacidade de absorver energia mecânica em regime plástico, ou, o que é equivalente, a capacidade de restituir energia mecânica absorvida. [...] Tenacidade é a energia total, elástica e plástica que o material pode absorver por unidade de volume até a sua ruptura;
- d) Dureza – Denomina-se dureza a resistência ao risco ou abrasão. Na prática mede-se dureza pela resistência que a superfície do material oferece à penetração de uma peça de maior dureza;
- e) Efeito de temperatura elevada – As temperaturas elevadas modificam as propriedades físicas dos aços;
- f) Fadiga – A resistência à ruptura dos materiais é, em geral, medida em ensaios estáticos. Quando as peças metálicas trabalham sob efeito de esforços repetidos em grande número, pode haver ruptura em tensões inferiores às obtidas em ensaios estáticos. Esse efeito denomina-se fadiga do material. A resistência à fadiga é geralmente determinante no dimensionamento de peças sob ação de efeitos dinâmicos importantes, tais como peças de máquinas, de pontes etc. A ocorrência de fadiga é caracterizada pelo aparecimento de fraturas que se propagam com a repetição do carregamento;
- g) Corrosão – Denomina-se corrosão o processo de reação do aço com alguns elementos presentes no ambiente em que se encontra exposto, sendo o produto desta reação muito similar ao minério de ferro. A corrosão promove a perda de seção das peças de aço, podendo se constituir em causa principal de colapso. A proteção contra a corrosão dos aços expostos ao ar é usualmente feita por pintura ou galvanização.

5. CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURAS

5.1 Estrutura do telhado

A estrutura do telhado de um espaço fechado é um dos componentes mais importantes na engenharia civil, importante para a qualidade do produto final, residências, grandes edificações, estabelecimentos, entre outros. A definição dada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1998, p. 1) sobre a cobertura,

é que se trata da “parte superior da edificação que a protege das intempéries”. O telhado é de fundamental importância também para o controle térmico e acústico do ambiente, já que apresenta propriedades isolantes que acarretam no isolamento térmico, mas a principal função é a proteção contra a temperatura e contra os climas adversos como chuvas, ventos, proteção contra o sol, entre outros. Além de uma considerável importância estética para determinadas elevações.

Alguns autores usam coberturas e telhados como se fossem sinônimos, mas a grande maioria os diferencia, explicando a real representatividade e função de cada um. A NBR 15575-5 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 8) dá a definição de coberturas e telhados como:

Sistema de cobertura (SC)

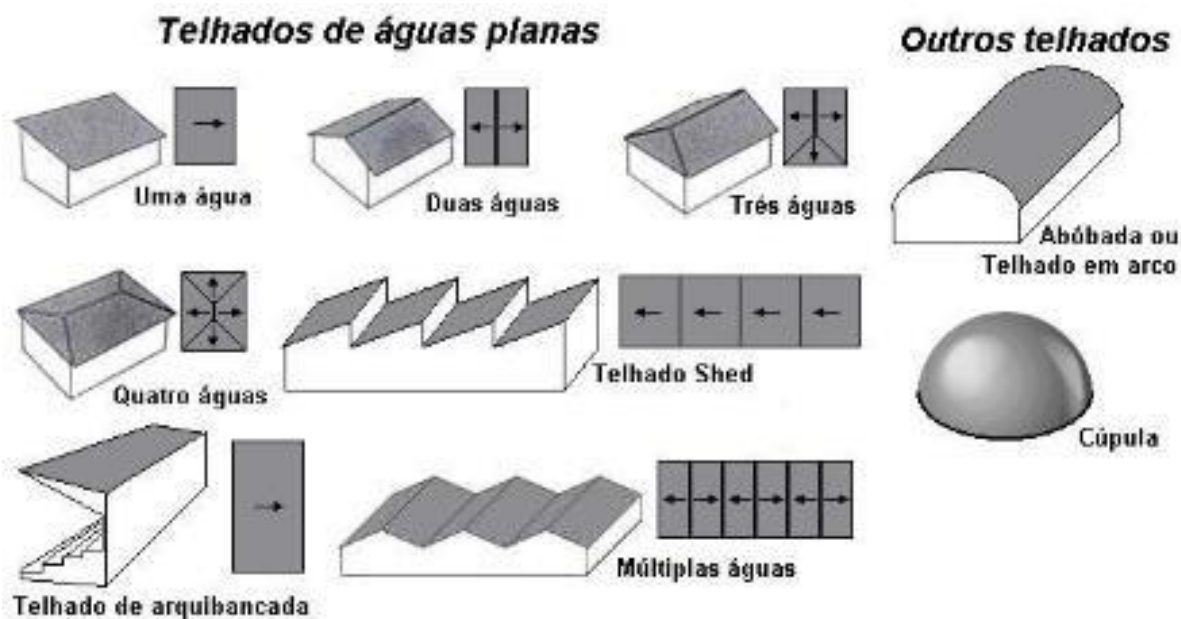
Conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com as funções de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger demais sistemas de edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termo acústico da edificação habitacional.

Telhado

Elemento constituído pelos componentes telhas, peças complementares e acessórios.

Os materiais mais utilizados historicamente e atualmente no feitiço da cobertura são a madeira e o aço. Os telhados apresentam variados formatos, consequentemente resultando em variados tipos de estruturas. Alguns telhados têm o seu nome empregado devido ao número de planos para escoamento da água que ele constitui, comumente conhecidos de “águas do telhado”.

Figura 5 – Tipos de coberturas



Fonte: Logsdon (2002)

5.1.1 Estruturas de madeira

A estrutura do telhado é composta pela: Armadura principal, que compreende a tesoura e os seus contraventamentos; pela sua armadura secundária também chamada de armação, que são as terças, caibros e ripas; e pela cobertura que é caracterizado pelo telhamento. “A estrutura de madeira para telhados é considerada como o conjunto de componentes ligados entre si, com a função de suportar o telhado” (THOMAZ, 1988, p. 1).

Segundo a NBR 7190 (2010) ao se utilizar madeira como material de engenharia, algumas etapas devem ser consideradas obrigatórias, uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão quanto ao uso da madeira, para que seja garantida maior durabilidade das construções, o sistema consiste em seis categorias de uso de acordo com a sua exposição, as categorias estão dispostas na tabela 1

Quadro 1 – Categorias de uso

Categoria de uso	Condição de uso da madeira	Organismo xilófago
1	Interior de construções, fora de contato com o solo, fundações ou alvenaria, protegidos das intempéries, das fontes internas de umidade e locais livres do acesso de cupins-subterrâneos ou arborícolas	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira
2	Interior de construções, em contato com a alvenaria, sem contato com o solo ou fundações, protegidos das intempéries e das fontes internas de umidade	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola
3	Interior de construções, fora de contato com o solo e protegidos das intempéries, que podem, ocasionalmente, ser expostos a fontes de umidade	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
4	Uso exterior, fora de contato com o solo e sujeitos as intempéries.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
5	Contato com o solo, água doce e outras situações favoráveis à deterioração, como engaste em concreto e alvenaria.	Cupim-de-madeira-seca Broca-de-madeira Cupim-subterrâneo Cupim-arborícola Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor
6	Exposição à água salgada ou salobra	Perfurador marinho Fungo embolorador/manchador Fungo apodrecedor

Fonte: NBR 7190 (2010)

As etapas que são consideradas obrigatórias, ainda segundo a NBR 7190 (2010, p. 49) são:

1. Definição do nível de desempenho necessário para o componente ou estrutura de madeira, tais como: vida útil, responsabilidade estrutural e garantias comerciais e legais.
2. Avaliação dos riscos biológicos aos quais as madeiras serão submetidas durante a sua vida útil – ataque de fungos e insetos xilófagos e/ou perfuradores marinhos.
3. Definição da espécie de madeira adequada ao uso e da necessidade do tratamento preservativo considerando: durabilidade natural da espécie, tratabilidade, processo de tratamento e produtos preservativos disponíveis. O tratamento preservativo faz-se necessário se a espécie escolhida não é naturalmente durável para a categoria de uso considerada e/ou se a madeira

contém alburno, porção naturalmente suscetível ao ataque de organismos xilófagos.

4. Escolha do processo de tratamento da madeira e do produto preservativo e do produto preservativo adequados.

No quesito armazenamento e estocagem, segundo Pereira (2015) deve ser realizada em conformidade com o teor de umidade, e que para maior agilidade e rapidez no local de obra, a madeira deve ser estocada o mais próximo de onde será realizada a sua utilização.

A estocagem de peças a céu aberto pode ser feita por períodos relativamente curtos, desde que:

- a) as peças sejam colocadas sobre estrados, a pelo menos 30 cm do solo;
- b) as peças sejam empilhadas de forma a permitir ventilação entre elas;
- c) as pilhas estejam cobertas, isto é, protegidas das intempéries com lonas têxteis ou plásticas;
- d) as peças de grandes comprimentos devem ser apoiadas adequadamente a fim de prevenir-se o empenamento das mesmas.

(THOMAZ, 1988, P. 17)

5.1.2 Estruturas de aço

O engradamento metálico traduz-se na aplicação do aço na composição da estrutura do telhado é geralmente realizado com o uso de aço galvanizado, que consiste no revestimento do zinco no perfil metálico permitindo a chapa uma proteção contra a ferrugem e resistência a umidade, quanto mais espesso for o revestimento, conseqüentemente maior será a durabilidade da chapa.

A Zincagem por Imersão a Quente é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço contra a corrosão atmosférica. A proteção do aço pelo revestimento de zinco se desenvolve segundo dois mecanismos: proteção por barreira exercida pela camada de revestimento e proteção galvânica ou sacrificial, operante nos casos de exposição simultânea do par aço-zinco para pequenas descontinuidades do revestimento

(COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL)

Segundo Reis (2009) a estrutura de aço para telhado é um sistema constituído de terças, caibros, ripas e treliças feitos de perfis de aço galvanizado, em que as peças são aparafusadas entre si para a sustentação das telhas de uma cobertura, mas, sem a admissão de solda com o intuito de preservar ao máximo o revestimento, os

parafusos usados nos perfis de aço também devem ser galvanizados ou feitos em aço inoxidável.

Os perfis de aço são recebidos prontos, com tamanhos já pré-estabelecidos para a sua utilização, o que acarreta numa economia de material, pois não acarreta em sobras, no canteiro de obras, as peças devem ser armazenadas em local seco próximo a obra à ser fundada e devem ser colocadas sobre superfícies metálicas ou de madeira, não devendo ser colocado sobre o solo.

Ainda sobre a estrutura do telhado e sua aplicação, na estrutura de telhado devem ser empregados perfis estruturais de aço normalizados, ou perfis a partir de chapas zincadas com espessura mínima de 0,8 mm, de acordo com o projeto estrutural.

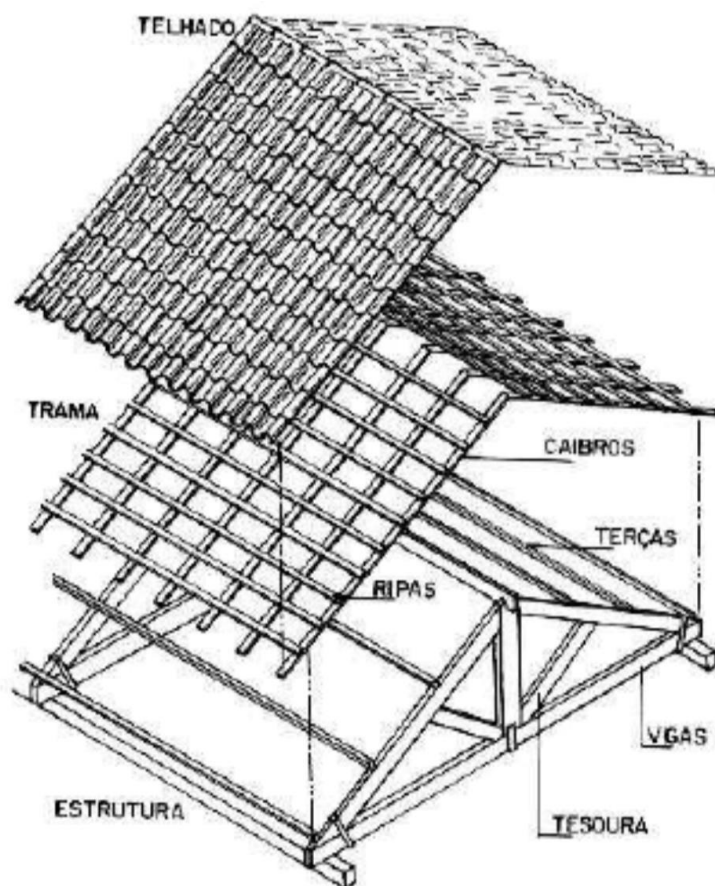
5.2 Elementos da estrutura do telhado

A definição de telhados pode ser dada como uma composição de duas partes básicas segundo Moliterno (1981, p. 16)

Estrutura de cobertura ou engradamento - Corresponde ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura, como tesouras, terças, caibros, ripas, e etc...

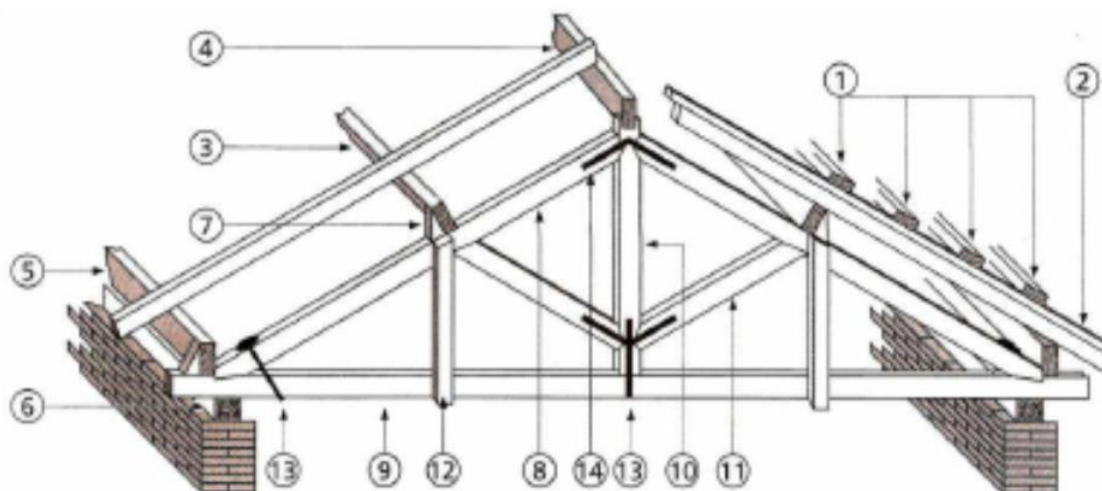
Cobertura ou telhamento – Podendo ser de materiais diversos, desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes a ação do vento e intempéries. As coberturas mais comuns podem ser de telhas cerâmicas, telhas de concreto, telhas de fibro-cimento, telhas de madeira e telhas asfálticas tipo shingle.

Figura 6 – Madeiramento tradicional



Fonte: Rodrigues (2006)

Figura 7 – Terminologia da tesoura



Fonte: Moliterno (2010)

A figura 7 acima, apresenta todos os elementos da tesoura da seguinte maneira: Do 1 ao 5 faz parte do tramo, formado pelas ripas, caibros e terças; 6 é o frechal; 7 o chapuz; 8 é a asna; 9 é a linha; 10 é o pendural; 11 a escora; 12 o pontalete; 13 as ferragens ou estribos e por último; 14 que consiste na ferragem ou cobrejunta.

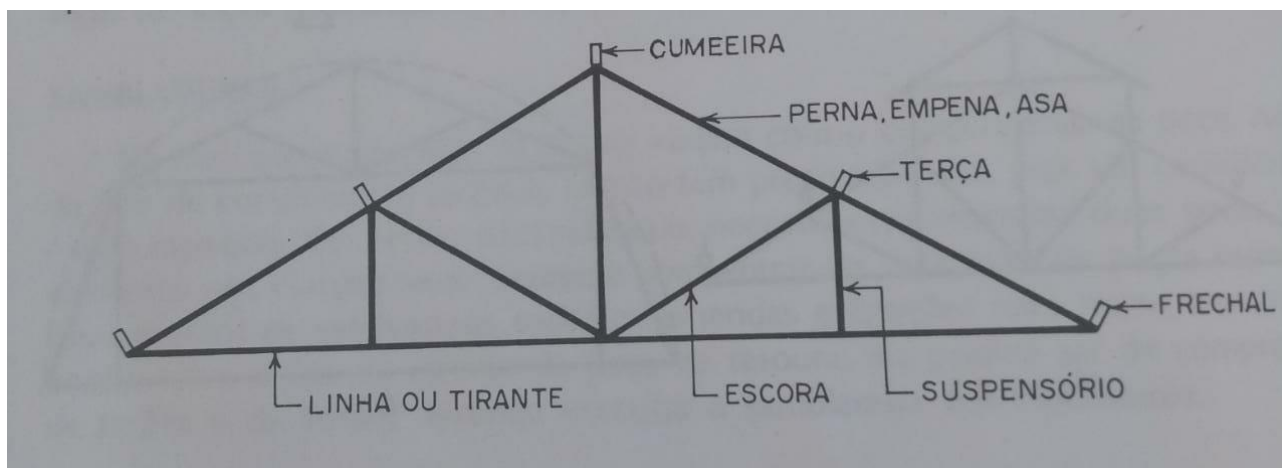
5.2.1 Tesoura

As tesouras são sistemas de vigas estruturais treliçadas, barras situadas no plano vertical e interligadas umas às outras em suas extremidades por nós, formando triângulos interligados, constituindo a tesoura, apoiada nas suas extremidades. É usada em telhados que cobrem grandes vãos, sem auxílio de paredes internas, a sua função estrutural é a suportação da cobertura e as sobrecargas do telhado. As tesouras podem ser de madeira, metálicas, de concreto e mistas.

Sobre os esforços solicitados nas tesouras “O tipo de solicitação nas peças são: tração – para linha, tirante, pendural e suspensório; compressão – para asa, perna, empena e escora; flexão – para cumeeira, terço e frechal” (AZEREDO, 1997, p. 144), como as peças que transmitem a carga à tesoura são: a cumeeira, terças e frechal, na tesoura não há trabalho à flexão.

As peças que constituem uma tesoura são: a linha ou tirante; perna, asa ou empena; pendural; escora; e o suspensório.

Figura 8 - Estrutura da tesoura



Fonte: Azeredo (1997)

Adentrando mais sobre os elementos da tesoura: A linha ou tirante é a peça inferior da tesoura, de posição horizontal, responsável pela distribuição das cargas da tesoura para a peça estrutural ao qual esteja apoiada; O pendural é a peça vertical da tesoura localizada no meio da imagem, logo abaixo da cumeeira, e sua finalidade é receber as cargas das peças diagonais, assim como os suspensórios; a Perna, empena ou asa são as paredes laterais da tesoura aonde é apoiada a cumeeira, são peças de sustentação da terça ou da trama; As escoras são as peças de ligação entre a linha e a perna como mostrada na Figura 8, e comumente trabalham à compressão.

Figura 9 – Tipos de estruturas de tesouras

Figura 9.1

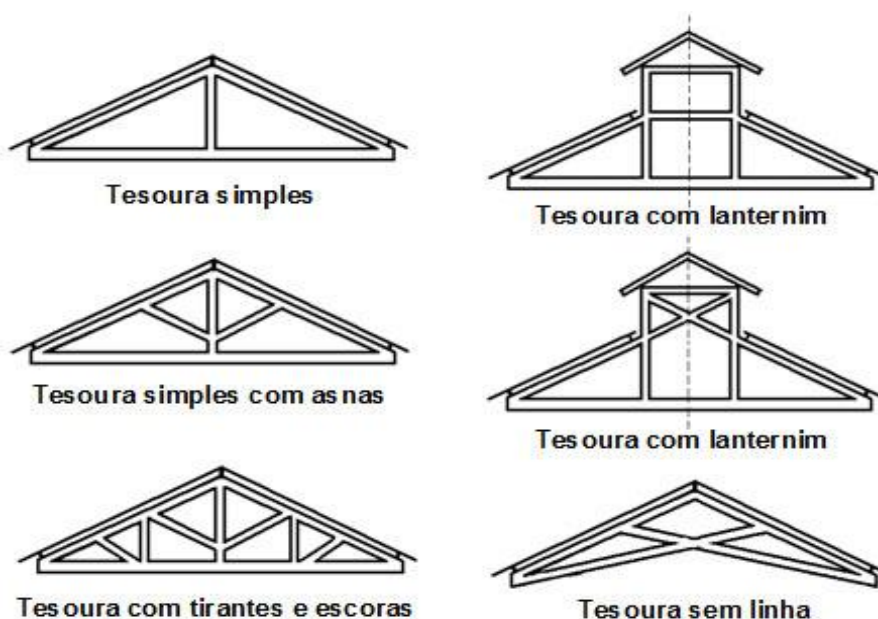


Figura 9.2

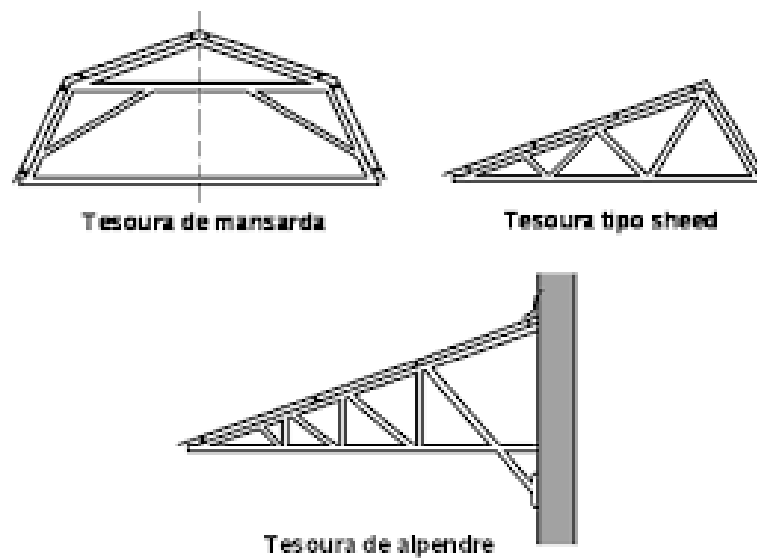
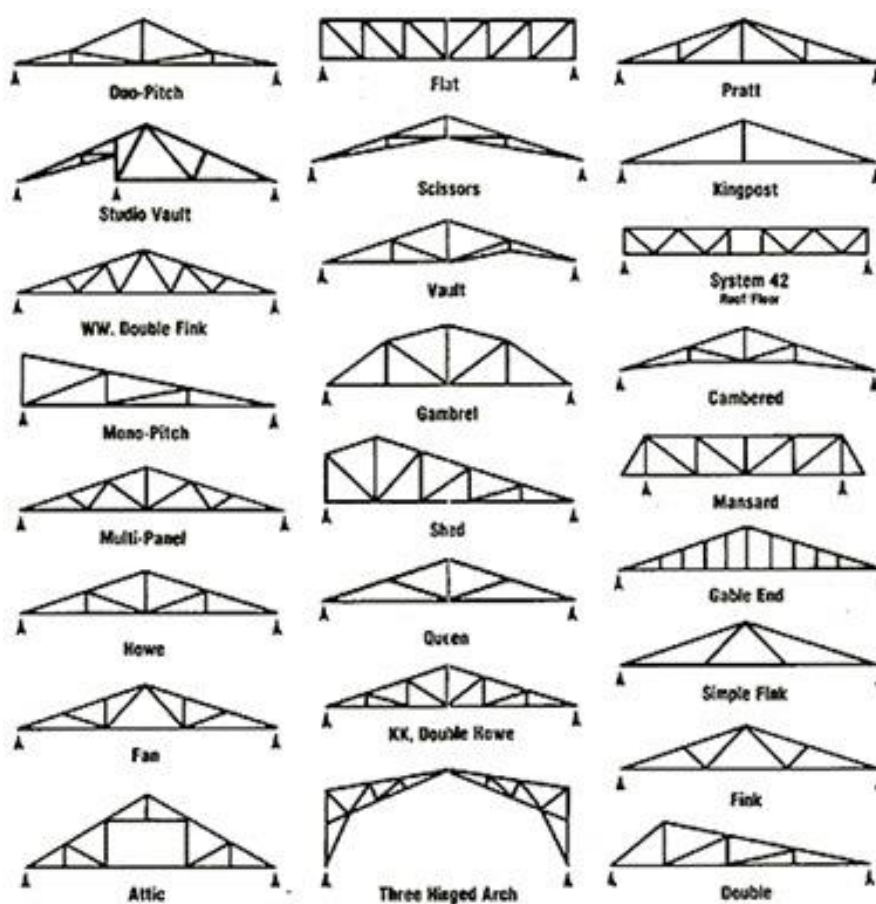


Figura 9.3



Fonte: Dias (2008)

5.2.1.1 Tesoura de madeira

A tesoura de madeira é mais indicado para pequenos vãos, deixando a utilização de grandes vãos para as estruturas metálicas. Segundo Cardão (1983) as tesouras de madeira são mais adaptáveis para vãos de até 12 metros.

Figura 10 – Exemplo de tesoura de madeira



Fonte: Fabril telhas (Acesso em: 24 junho. 2018.)

5.2.1.2 Tesoura de aço

As tesouras metálicas são mais utilizadas em galpões, que tem a necessidade de aplicação em grandes vãos, elas possuem a mesma finalidade da tesoura de outros materiais, os tipos de treliças existentes são: As treliças planas, em que as barras estão em um único plano horizontal; treliças planas curvas; e as treliças espaciais.

Segundo Souza (2005) as estruturas espaciais são bastante utilizadas em edificações que se tem a necessidade de grandes áreas livres, as suas barras são conectadas por dispositivos chamados de nós, em que o nó mais utilizado é o formado pelo amassamento das extremidades de perfis e um único parafuso de conexão, o autor descreve alguns fatores que favorecem o uso de treliças espaciais em comparação às estruturas planas convencionais, como: A rigidez, se tornando mais

viável a sua utilização em obras de grandes vãos; a facilidade de instalação devido aos nós; a sua possibilidade de ampliação; entre outros

Figura 11 - Exemplo de tesoura de aço



Fonte: Ebanataw (2009)

Figura 12 – Exemplo de treliça espacial



Fonte: Embal (Acesso em: 13 jul. 2018.)

5.2.2 Terças, caibros e ripas

Os telhados, além da tesoura sentem a necessidade de outros elementos estruturais para a sua composição. O trama ou armação (Estrutura que serve de sustentação e fixação das telhas) é constituído, segundo Hellmeister(1977) pelas

peças que recebem as telhas, quer sejam cerâmicas, de fibrocimento, de alumínio, ferro galvanizado, madeira ou outras. O tramo ele se apoia sobre as tesouras, no caso de telhas cerâmicas e de concreto, a constituição do tramo é feito com ripas, caibros e terças, em que as telhas são apoiadas sobre as ripas, que são apoiadas sobre os caibros, que são apoiadas sobre as terças, que finalmente são apoiadas sobre as tesouras. Já para telhas de dimensões maiores, tais como as telhas metálicas, plásticas e de fibrocimento, é possível eliminar os caibros e ripas.

As terças são vigas que recebem os esforços dos caibros e o descarrega nas estruturas principais do telhado, que geralmente são as tesouras. O espaçamento entre elas depende essencialmente do tipo de telha que será utilizada e da resistência dos caibros, lembrando que as terças também podem ser apoiadas sobre pontaletes, treliças, oitões ou paredes intermediárias.

As terças também funcionam com travamentos, reduzindo o comprimento de flambagem do banzo superior da estrutura principal do telhado (tesoura, no caso mais comum), motivo pelo qual a ligação entre a terça e esta estrutura deve ser bastante resistente.
(LOGSDON, 2002, P. 10)

A definição de terça segundo Moliterno (2010) é uma viga horizontal contínua, que é paralela ao beiral, e é apoiada nas tesouras e dá sustentação aos caibros. Elas obtêm o nome de cumeeiras quando empregadas na parte mais alta do telhado, e chamado de contra frechal na parte mais baixa. Podemos observar essa descrição na figura abaixo.

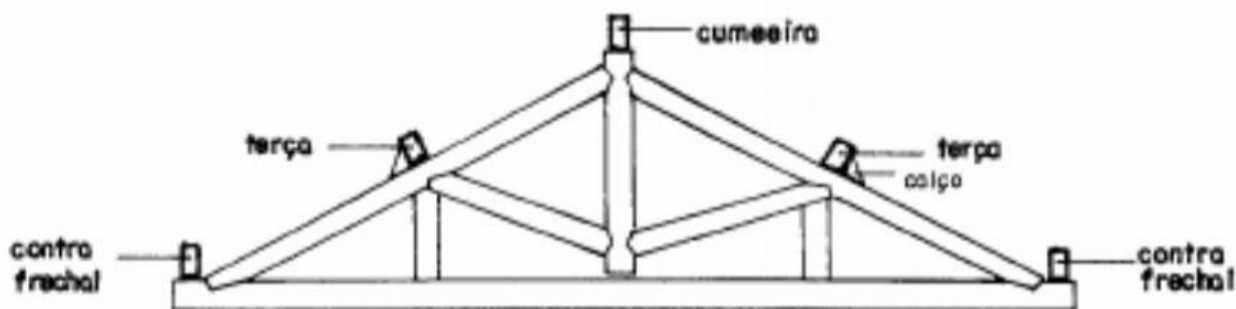


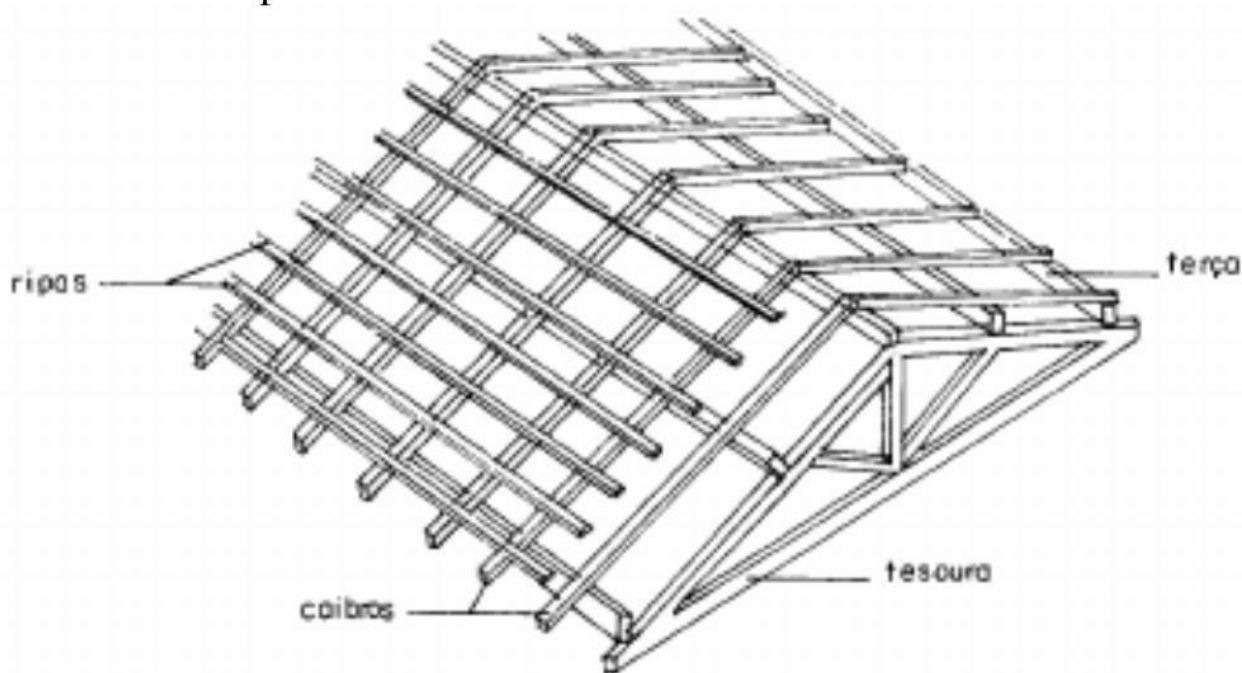
Figura 13 – Esquema do apoio das terças nas tesouras

Fonte: Ebah (Acesso em: 04 agosto. 2018.)

Os caibros são peças de madeira de pequena seção transversal, colocados em direção perpendicular às terças, ou seja, paralela às tesouras, elas se apoiam nas terças e dão sustentação às ripas, são inclinados, e é o seu declive que vai determinar o caimento do telhado. A bitola do caibro ela varia dependendo do espaçamento das terças, do tipo de material e da telha.

As ripas têm sua definição segundo Moliterno (2010) como peças de pequena esquadria paralelas ao beiral, que se apoiam nos caibros. Elas são as últimas partes da trama, pregadas perpendicularmente aos caibros, responsáveis pelo recebimento das telhas, o espaçamento entre elas depende da telha que irá ser utilizada (tamanho e tipo), esse espaçamento é geralmente nomeado de “galga”, é necessário ainda que se tenha na obra algumas telhas para a medição da galga e a utilização de um gabarito.

Figura 14 – Esquema de estrutura de telhado com terças, caibros e ripas



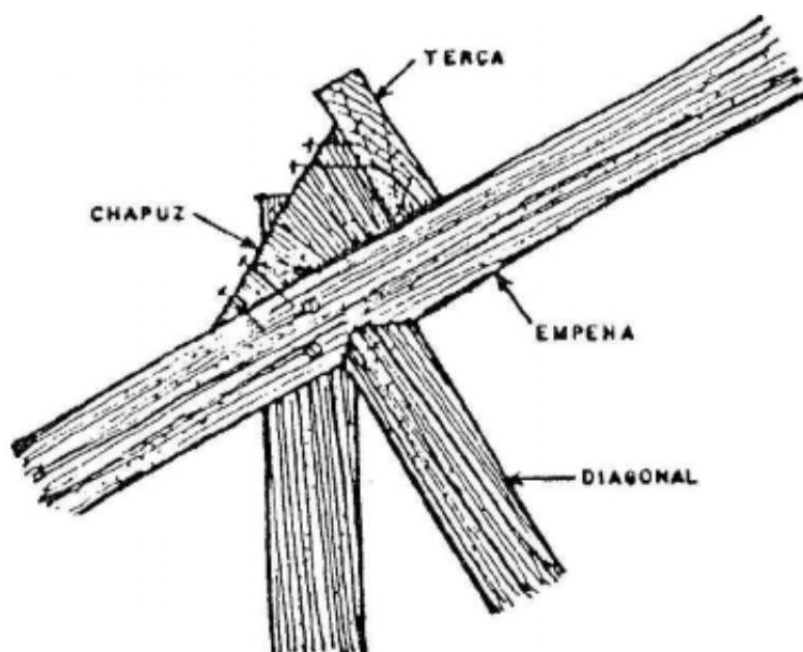
Fonte: Eddy (2011)

5.2.2.1 Terças, caibros e ripas de madeira

As terças, comumente, têm seção de 6,0 cm x 12,0 cm ou 6,0 x 16,0 cm, o espaçamento entre terças é em torno de 1,50 m nos tramas de telhados para uso com

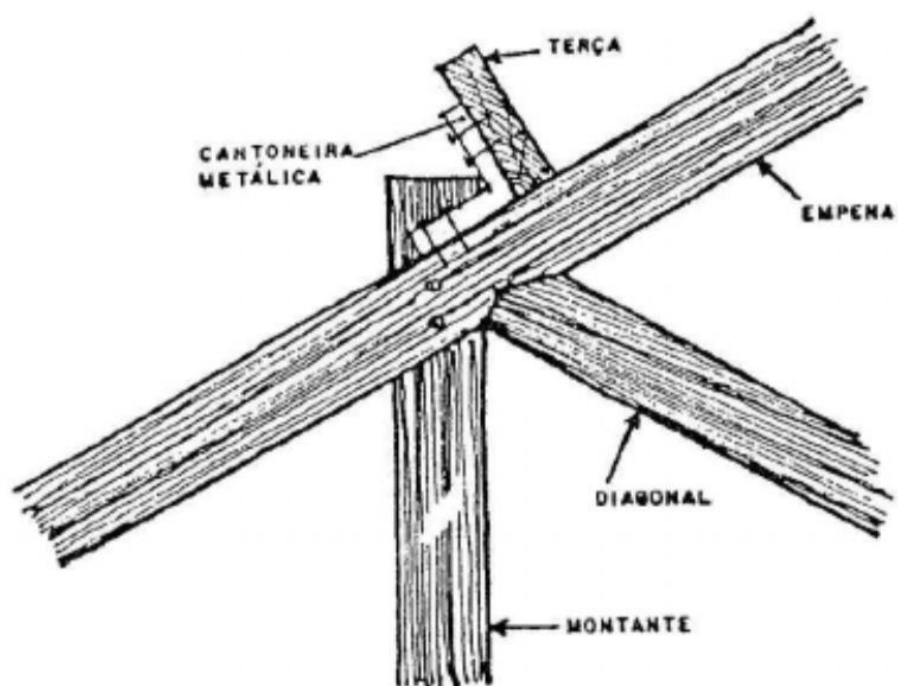
telhas cerâmicas, e nos tramas de telhados para uso com telhas de fibrocimento o espaçamento varia com o tamanho da telha. Segundo Borges (1979), é utilizado terças de 6 x 12 se o vão entre tesouras não exceder a 2,50 m e de 6 x 16 para vãos entre 2,50 m a 4,00 m. Como as terças precisam ser colocadas em cima dos nós da tesoura, para que a trabalhabilidade como treliça seja efetiva, elas precisam ser fixadas às empenas das tesouras, essa fixação é possível através da utilização do chapuz de madeira, cantoneira metálica ou outros materiais.

Figura 15 – Fixação da terça com chapuz de madeira



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1988)

Figura 16 – Fixação da terça com cantoneira metálica



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (1988)

Na figura abaixo vemos uma terça no centro e uma terça na parte superior (cumeeira), logo acima delas temos os caibros e ripas.

Figura 17 – Exemplo de terça de madeira



Fonte: Colegio de arquitetos (Acesso em: 23 junho. 2018.)

Os caibros habitualmente têm seção de 5,0 cm x 6,0 cm ou 6,0 cm x 6,0 cm, o seu espaçamento varia entre 40 e 60 cm, mas, comumente é utilizado um espaçamento de 50 cm. Como a bitola do caibro tem a sua variação devido ao espaçamento das terças, têm-se algumas regras de utilização, normalmente em terças espaçadas até 2,00 m é comum ser utilizado caibros de 5x6, e em terças espaçadas em mais de 2,00 m e não ultrapassando 2,50 m, usa-se caibros de 5x7 (6x8), de acordo com Logsdon (2002). Sobre a fixação dos caibros nas terças “Os caibros devem ser pregados às terças, sendo que a penetração do prego na terça deve equivaler no mínimo a metade do comprimento do prego [...]” (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNÓLOGICAS DE SÃO PAULO, 1998, p. 29).

As ripas têm habitualmente tem seção de 1,5 cm x 5,0 cm ou de 1,0 cm x 5,0 cm, habitualmente o espaçamento entre as ripas, para o cálculo do madeiramento é de 35 cm, se o espaçamento for maior que 0,5 m, pode-se utilizar sarrafos de 2,5 x 5,0 m, de acordo com Logsdon (2002). Sobre a fixação das ripas “As ripas são simplesmente pregadas nos caibros, sendo que a penetração do prego no caibro deve ser pelo menos igual à metade do seu comprimento” (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNÓLOGICAS DE SÃO PAULO, 1998, p. 32).

Figura 18 – Exemplo de utilização de caibros e ripas



Fonte: Madeireira Gonçalves (Acesso em: 17 junho. 2018.)

5.2.2.2 Terças, caibros e ripas de aço

As terças de aço são mais utilizadas por exemplo, em galpões, que há a necessidade de montagem de grandes vãos, as mesmas são vigas que são colocadas na cobertura. Em geral as terças são perfis metálicos C enrijecidos, que em telhados menores a fixação das terças o mais indicado é união por solda, e para telhados menores com produção fora da obra, é mais indicado a união por parafusos. Mas, voltando para os tipos de perfis existentes, os perfis eles podem ser conseguidos por laminação ou por operações de conformação a frio ou soldagem, são os chamados perfis laminados e soldados, e também há os perfis dobrados. Os tipos de perfis mais empregados são: Perfis laminados; Perfis dobrados.

Figura 19 – Seções de perfis C



Fonte: Metálica (Acesso em: 21 maio. 2018.)

Os perfis laminados “são peças únicas, obtidas pela laminação de blocos ou tarugos provenientes do lingotamento contínuo” (DIAS, 1997, p. 83). Aonde que de acordo com Dias (1997) têm-se dois tipos de perfis laminados:

Perfis laminados de abas paralelas – Em que são produzidos por meio de deformação a quente, com seções transversais nos formatos I e H;

Os perfis laminados de abas paralelas são produzidas segundo as especificações da norma ASTM A 6/A 6M em aço de alta resistência ASTM A 572 Grau 50 (limite de escoamento mínimo de 350 Mpa). Sob encomenda, também são fornecidos na especificação Aço COR 500 resistente à corrosão atmosférica (limite de escoamento mínimo de 370 Mpa) (Fonte: DIAS, 1997, p. 85)

Perfis laminados padrão americano – São mais utilizados em estruturas de pequeno porte, são fornecidos em comprimentos padronizados, as seções são nos formatos I, U, L e T.

Os perfis laminados padrão americano de abas inclinadas são fabricados com aço nas qualidades ASTM A 36 de média resistência mecânica (limite de escoamento mínimo de 250 Mpa), ASTM A 572 GR 50 de alta resistência mecânica (limite de escoamento mínimo de 345 Mpa), ASTM A 572 GR 60 de alta resistência mecânica (limite de escoamento mínimo de 415 Mpa), somente para cantoneiras, e ASTM A 588 GR B de alta resistência mecânica e resistente à corrosão atmosférica (limite de escoamento mínimo de 345 Mpa). (Fonte: DIAS, 1997, p. 85)

Os perfis soldados de acordo com Dias (1997) são obtidos pelo corte, composição e soldagem de chapas planas de aço, permitindo grande variedade de formas de seções.

Podem ser fabricados com aço-carbono – especificação ASTM A 36, aço de baixa liga e alta resistência mecânica – especificação ASTM A 572, aço de baixa liga, alta resistência mecânica e alta resistência à corrosão atmosférica – especificação ASTM A 242 ou ASTM A 588 (Fonte: DIAS, 1997, p. 87)

Os perfis conformados a frio (perfis dobrados) de acordo com Dias (1997) são obtidos pelos métodos de dobramento a frio de chapas de aço, é o perfil obtido por conformação a frio de produtos planos, como chapas e tiras. As chapas podem ser dobradas por dobradeiras ou perfiladeiras, são recomendados para construções “leves”, com a sua utilização sendo como elemento estrutural, barra de treliça ou tirantes. Os tipos de perfis são: Séries U e Ue (U simples, Ue enrijecido, cantoneira de abas iguais); Perfis leves galvanizados (U simples, Ue enrijecido, cartola e cantoneira de abas iguais); Perfis compostos séries (duplo U aberto, duplo Ue aberto, duplo Ue fechado). “Empregam na sua confecção aços-carbono do tipo ASTM A 570 GR 33 e GR 40 (limite de escoamento mínimo de 230 e 280 Mpa, respectivamente)” (Fonte: DIAS, 1997, p. 91).

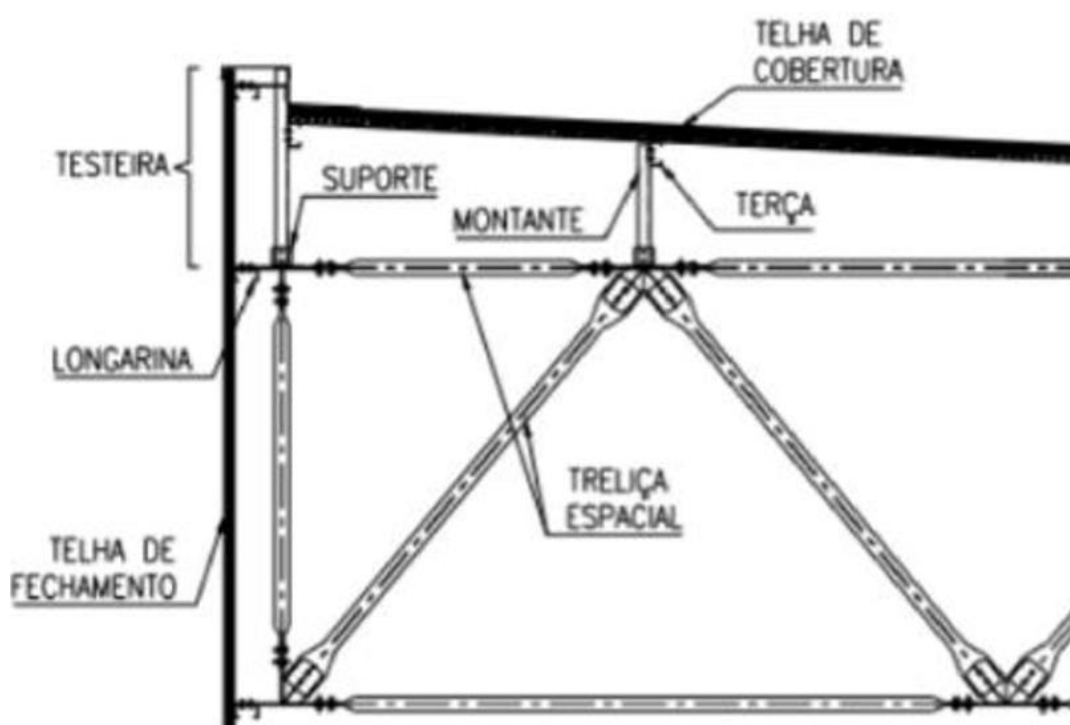
FIGURA 20 (20.1 e 20.2) – Exemplos de utilização de perfil U enrijecido, respectivamente



Fonte: Rossi (Acesso em: 03 jul. 2018.)

As terças também têm a sua aplicação em treliças espaciais, aonde a estrutura secundária é ligada à treliça espacial (estrutura principal) e servem como elementos de sustentação para fixação das telhas, além de distribuir os esforços para os nós da treliça espacial. Lembrando que não são todas as treliças espaciais que apresentam estrutura secundária, nas mesmas os elementos de sustentação para fixação das telhas são fixados diretamente na estrutura principal.

Figura 21 – Elementos da estrutura secundária na treliça espacial

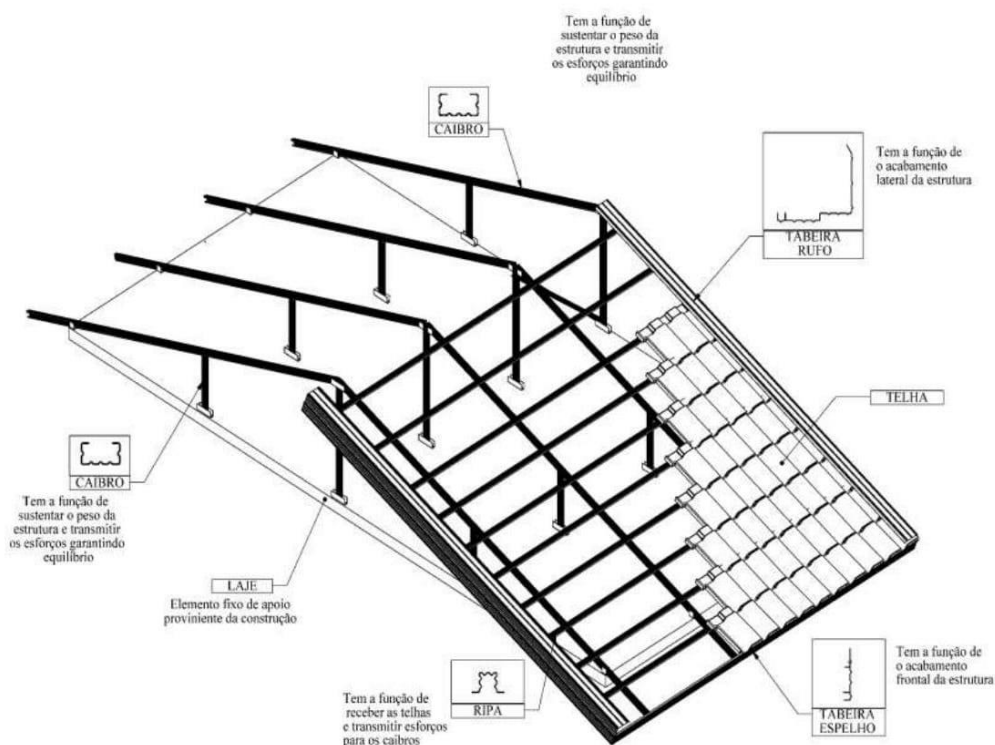


Fonte: Nascimento (2002)

As ripas e caibros de aço também têm a sua aplicação voltada para estrutura do telhado, é o chamado “engradamento metálico”, é mais utilizado em estruturas leves como casas residenciais, garagens e pequenas edificações, nos perfis estruturais o material mais utilizado é o aço galvanizado.

O engradamento metálico tem como diferencial o uso de tabeiras rufos e testeiras espelhos confeccionadas em aço galvanizado, não havendo necessidade de telhas paulistinhas para acabamento das laterais e tabeiras frontais, ou seja, após a montagem da estrutura e assentamento das telhas só há necessidade de fazer acabamento da cumeeira e sua cobertura está pronta (MGM PRODUTOS SIDERÚRGICOS LTDA, 2018, p. 8)

Figura 22 – Características do engradamento metálico



Fonte: MGM PRODUTOS SIDERÚRGICOS LTDA (2018)

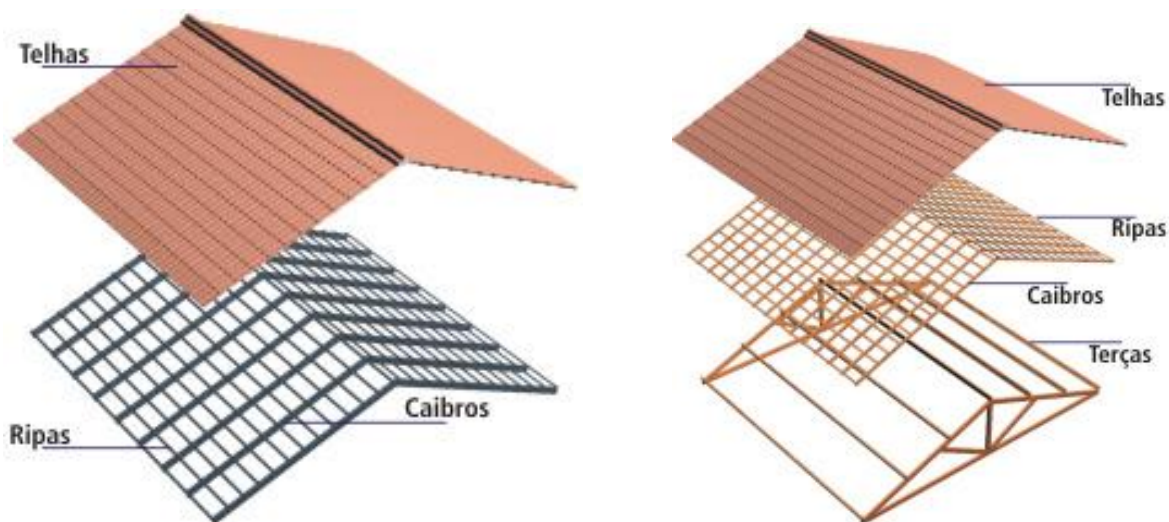
Figura 23 (23.1 e 23.2) – Catálogo simplificado de perfis

PERFIL	FORMATO	PESO [Kg/m]
TRAVAMENTO		$\pm 0,5$
RIPA		$\pm 0,5$
CAIBRO		$\pm 1,15$
CAIBRO REFORÇADO		$\pm 3,1$
TABEIRA ESPELHO		$\pm 1,0$
TABEIRA RUFO		$\pm 1,7$

PERFIL	FORMATO	PESO [Kg/m]
CAIBRO TUBULAR	 Indicado para uso onde a peça ficará exposta (maior acabamento)	$\pm 2,4$
CAIBRO TUBULAR REFORÇADO	 Indicado para uso onde a peça ficará exposta (maior acabamento)	$\pm 6,3$
CAIBRO PEÇA "I"	 Indicado para uso onde a peça ficará oculta (menor acabamento)	$\pm 2,3$
CAIBRO PEÇA "I" REFORÇADO	 Indicado para uso onde a peça ficará oculta (menor acabamento)	$\pm 6,2$

Fonte: MGM PRODUTOS SIDERÚRGICOS LTDA (2018)

Figura 24 (24.1 e 24.2) – Diferença entre engradamento metálico e engradamento de madeira



Fonte: Gravia (Acesso em: 16 junho. 2018.)

Figura 25 – Exemplo de utilização do engradamento metálico



Fonte: MGM PRODUTOS SIDERÚRGICOS LTDA (2018)

6. TELHAS

6.1 Tipos de telhas

São inúmeras as variações dos tipos de telha existentes para aplicação em coberturas, tanto para coberturas metálicas, como para coberturas de madeira. Nas estruturas de aço com grandes vãos, como galpões, são utilizadas telhas específicas, já no engradamento metálico são utilizadas praticamente todos os tipos de telhas convencionalmente usadas no engradamento de madeira. Os tipos de telhas existentes são de: Aço; alumínio; zinco; madeira; cerâmica; fibrocimento; plástico ou PVC; chapas de cimento-amianto; vidro; ardósia; cimento; poliéster; policarbonato.

As telhas mais usadas são as cerâmicas e as de fibrocimento. Segundo Logsdon (2002) as telhas cerâmicas são muito utilizadas em residências, devido a sua facilidade de utilização, facilidade de se encontrar e a grande diversidade no mercado, sendo que o seu diferencial é o conforto térmico, superior em relação aos outros tipos de materiais. A sua fabricação é separada nas seguintes etapas: Preparação da massa de argila; moldagem (extrusão ou prensagem) para a retirada do excesso de

ar; secagem lenta de forma natural ou artificial, para a retirada de água; queima em temperaturas elevadas; por último vem o resfriamento. De acordo com Yazigi (1998) é realizada utilizando quase o mesmo processo aplicado para os tijolos comuns, as diferenças são que o barro deve ser mais fino e homogêneo, para ser mais impermeável sem grande deformação no cozimento, a sua moldagem pode ser feita por extrusão seguida de prensagem, a secagem tem que ser mais lenta do que para os tijolos comum, para a sua retenção de água ser maior diminuindo assim a deformação. As exigências do produto final são retilineidade de planidade, estabilidade volumétrica, impermeabilidade, absorção de água e resistência.

As telhas de fibrocimento são empregadas em coberturas residenciais e industriais, bastante importante para o segundo caso (coberturas industriais), pois, as telhas de fibrocimento são muito maiores do que as telhas cerâmicas, tanto que, em alguns modelos dá para se usar diretamente sobre as paredes, prescindindo de todo o madeiramento do telhado (autoportantes), isso no caso de estruturas de madeira. São diversos os tipos de telhas de fibrocimento, a mais utilizada é a telha ondulada, mas têm-se outros tipos como canaleta 44, canaleta 49, canaleta 90, etercalha, etermax e modulada. (LOGSDON, 2002)

Quadro 2– Dimensões padronizadas das telhas onduladas de fibrocimento

Espessura (mm)	Comprimento (m)	Largura (m)
5, 6, e 8 mm	0,91 / 1,22 / 1,53 / 1,83 / 2,13 / 2,44 / 3,05 / 3,66	1,10 (útil 0,885 m ou 1,05 m) conforme recobrimento

Fonte: Yazigi (1998)

A telha de fibrocimento trata-se da mistura de cimento e fibras de amianto. As exigências são superfície das faces regular e uniforme, obedecer às especificações de dimensões, resistência à flexão, impermeabilidade e absorção de água.

As telhas de concreto são “compostas de aglomerantes agregados e óxidos que são responsáveis pela sua coloração. Têm uso ainda limitado no Brasil, sendo empregadas sobretudo em edifícios de médio e alto padrão” (CARDOSO, 2000, p. 9).

Quadro 3 – Dimensões padronizadas da telha de concreto do tipo Tégula

Comprimento útil	Largura útil	Peso nominal por unidade	Consumo	Inclinação
320 mm	300 mm	4,70 kg	10,50 un/m ²	30%

Fonte: Guia Tegula (1999)

As telhas de poliéster “São chapas de poliéster reforçado com filamentos de vidro, apresentada em diversos perfis adaptáveis a telhas de outros materiais, como as de fibrocimento e metálicas (aço zincado)” (CARDOSO, 2000, p. 10).

Quadro 4 – Dimensões das chapas onduladas de poliéster

Espessura (mm)	Comprimento (m)	Largura (m)
(1+/-0,2) mm	de 1,22 a 12,0 m	de 0,506 a 1,10 m

Fonte: Yazigi (1998)

As telhas de aço “têm uso predominante em edifícios comerciais e industriais e o material básico para a fabricação de seus perfis é a chapa de aço apropriada para moldagem a frio, zincada ou pintada com material sintético” (CARDOSO, 2000, p. 11).

A telha de madeira “É do tipo ondulado como a de fibrocimento, feita de lâminas muito delgadas de madeira, coladas entre si, formando uma espessura de 5,0 mm, e prensadas, dando a forma desejada” (AZEREDO, 1997, p. 171).

As telhas metálicas “Podemos dividir [...], de acordo com o material de constituição em telhas de a) alumínio, b) cobre, c) ferro, e d) zinco” (AZEREDO, 1997, p. 172)

As telhas de plásticos ou PVC “São do tipo de placas onduladas, lisas ou em forma de cogumelo (domus). São aplicadas quando se deseja iluminação zenital” (AZEREDO, 1997, p. 173)

As telhas de vidro “São telhas do tipo marselha ou paulista, de aplicação restrita” (AZEREDO, 1997, p. 173)

As telhas de rochas naturais, como a ardósia, “São rochas de formação lamelar que cortadas em lâminas de pequena espessura e de formas diversas, são furadas para serem fixadas, através de prego, em soalho de madeira” (AZEREDO, 1997, p. 173).

6.2 Tipos de telhas segundo a inclinação

6.2.1 Inclinação superior a 100%

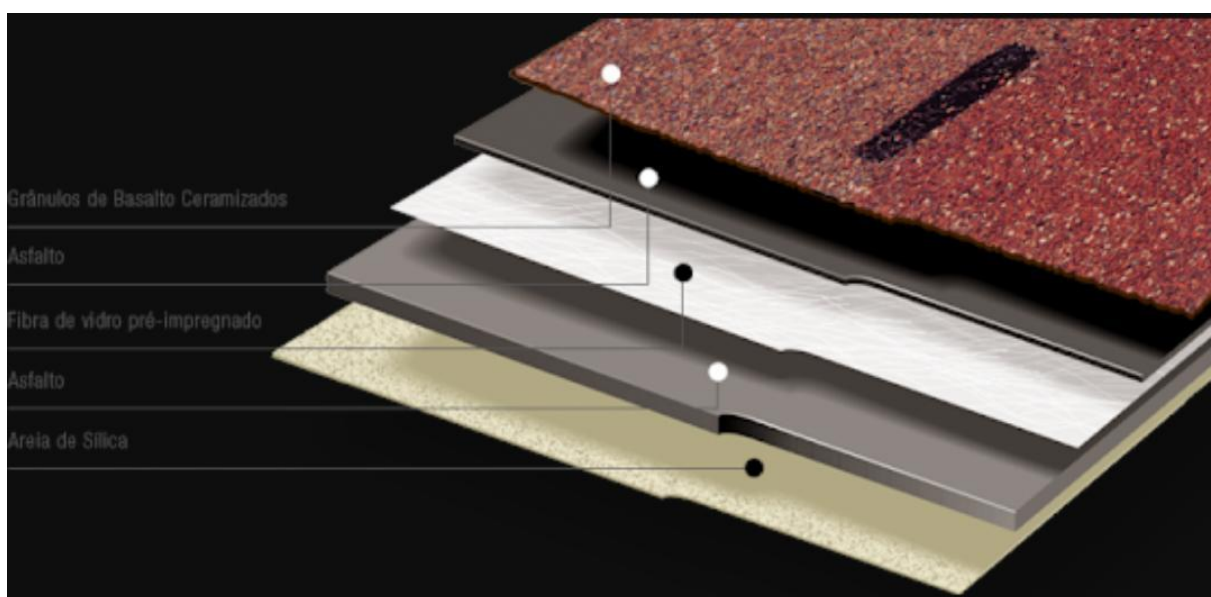
As telhas que são utilizadas para telhados com inclinação superior a 100% são: A telha germânica, que é produzida em cimento pigmentado com óxido de ferro e a sua capacidade é 26 a 30 peças por metro quadrado, sua inclinação mínima é 45% (MILITO, 2009); cobertura SHINGLES, as suas telhas são, segundo Cardoso (2000) à base de asfalto cobertas por grânulos em dimensões de 30,48 cm x 91,44 cm. Cada telha é composta por quatro camadas, sendo a primeira de asfalto, a segunda de fibra de vidro impregnada por uma manta asfáltica impermeável, a terceira de asfalto e a quarta aparente, composta por asfalto e grânulos, e esses grânulos de material cerâmico de diversas cores; telhas de ardósia do tipo colmeia e escama de peixe, em que “A sua cor é preto-escura, e o seu tamanho aproxima-se, com pequenas variações, do tamanho de um azulejo, isto é, 20,0 x 20,0 cm ou 15,0 x 15,0 cm.” (AZEREDO, 1997, p. 173), a sua capacidade é de 27 peças por metro quadrado para o tipo colmeia e 18 peças por metro quadrado para o tipo escama de peixe; telha cerâmica uruguaia com capacidade de 50 peças por metro quadrado; telha de cimento do tipo Suíça, com capacidade de 26 peças por metro quadrado; telha plana germânica esmaltada com capacidade de 35 peças por metro quadrado e; telha pizarra, que é o seu feitio é com pedra carvão e alumínio, com capacidade de 28 peças por metro quadrado.

Figura 26 – Telha germânica



Fonte: Fesp (2017)

Figura 27 – Shingles



Fonte: Cobrire (Acesso em: 05 agosto. 2018.)

Figura 28 – Ardósia tipo colmeia



Fonte: Fesp (2017)

FIGURA 29 – Ardósia tipo escama de peixe



Fonte: Fesp (2017)

Figura 30 – Cerâmica uruguaia



Fonte: Fesp (2017)

Figura 31 – Cimento tipo suíça



Fonte: Fesp (2017)

Figura 32 – Plana germânica esmaltada



Fonte: Fesp (2017)

Figura 33 – Pizarra



Fonte: Fesp (2017)

6.2.2 Inclinação entre 30% e 100%

As telhas com inclinação entre 30% e 100% são: Do tipo tégula, em que podem ser de poliéster e de argamassa de cimento, a primeira é mais usada para se dar maior luminosidade e a sua capacidade é de 10 peças por metro quadrado, já a segunda tem capacidade de 10,5 peças por metro quadrado; telhas francesas, em que podem ser de cerâmica, cerâmica esmaltada ou de vidro, segundo Azeredo(1997) pode-se considerá-la como telha plana pelo seu formato, é a telha mais popular e mais utilizada devido ao seu custo e padronização, o seu caimento mínimo é 36%, mas, com capacidade de 15 peças por metro quadrado, o material deste tipo de telha varia pouco à sua capacidade; telha de concreto do tipo dupla, com capacidade de 10,5 peças por metro quadrado; telha japonesa, ela é feita artesanalmente e tem capacidade de 15 peças por metro quadrado; telha portuguesa, segundo Milito (2009)

o material deste tipo de telha pode ser cerâmica, cerâmica esmaltada e vidro, com capacidade de 16 peças por metro quadrado, variando pouco conforme o material, e possui inclinação mínima de 30%; telha romana quadrada, com material disponível em cerâmica, cerâmica esmaltada e vidro, segundo Milito (2009) ela tem o mesmo formato das telhas planas, a diferença é que o canal é junto com a capa, e sua capacidade é de 16 peças por metro quadrado, variando pouco com o material empregado, e inclinação mínima de 30%; telha romana redonda, a diferença pra telha romana quadrada é justamente o que o seu nome já diz, ela é mais arredonda, mas a sua capacidade continua a mesma (16 peças por metro quadrado), variando pouco de acordo com o material, que pode ser de cerâmica, cerâmica esmaltada e de vidro: telha holandesa, com material cerâmico, cerâmico esmaltado e de vidro; telha italiana, de material cerâmico, com capacidade de 13 peças por metro quadrado e; telha americana, que é do tipo cerâmica esmaltada com capacidade de 11,5 peças por metro quadrado.

Figura 34 (34.1 e 34.2) – Tipo tégula de poliéster e de argamassa de cimento, respectivamente.



Fonte: Fesp (2017)

Figura 35 (35.1, 35.2 e 35.3) – Telha francesa, de cerâmica, cerâmica esmaltada e de vidro, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

Figura 36 – Telha de concreto



Fonte: Fesp (2017)

Figura 37 – Telha japonesa



Fonte: Fesp (2017)

Figura 38 (38.1, 38.2 e 38.3) – Telha portuguesa, de cerâmica, cerâmica esmaltada e de vidro, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

Figura 39 (39.1 e 39.2) – Telha romana quadrada, de cerâmica e de vidro, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

Figura 40 – Telha holandesa



Fonte: Archiexpo (Acesso em: 29 jul.2018)

Figura 41 – Telha italiana



Fonte: Fesp (2017)

Figura 42 – Telha americana



Fonte: Fesp (2017)

6.2.3 Inclinação entre 20% e 30%

As telhas com inclinação entre 20% e 40% são: Telhas coloniais, vermelhas, brancas e mescladas, todas produzidas de material cerâmico, as vermelhas e brancas têm capacidade para 24 peças por metro quadrado, e as mescladas à sua capacidade é de 17 peças por metro quadrado; telhas capa e canal, de material cerâmico vermelho e de vidro, e telhas capa e canal do tipo plan, podendo ser de cerâmica ou de vidro, a capacidade dos materiais cerâmicos é de 26 peças por metro quadrado, enquanto que a capacidade da telha de vidro é de 15 peças por metro quadrado; telha paulista, segundo Milito (2009) é constituída de duas peças diferentes, canal, cuja função é de conduzir a água, e capa que faz a cobertura dos espaços entre dois canais, a sua inclinação é de 25% e sua capacidade é de 26 peças por metro quadrado; telhas tipo plan, de acordo com Milito (2009) tem as mesmas características da telha paulista, mas melhoradas, possui os seus cantos arredondados e sua seção retangular, com inclinação de 20% a 25% e capacidade de 26 peças por metro quadrado.

Figura 43 (43.1, 43.2 e 43.3) – Telha colonial, do tipo vermelha, branca e mesclada, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

Figura 44 (44.1 e 44.2) – Telha capa e canal, do tipo cerâmica vermelha e de vidro, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

Figura 45 (45.1 e 45.2) – Telha capa e canal do tipo plan, cerâmica e de vidro, respectivamente



Fonte: Fesp (2017)

6.2.4 Inclinação menor do que 20%

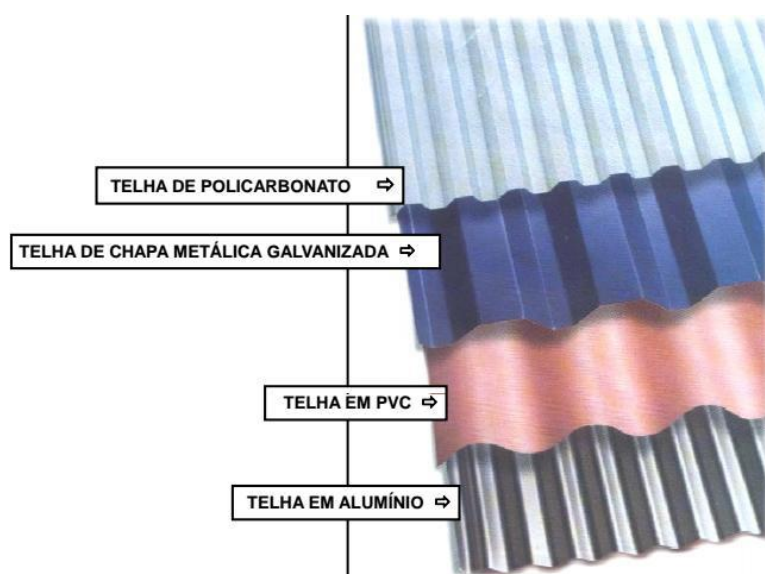
As telhas com inclinação inferior a 20% são: Telhas de fibrocimento com “inclinação recomendada de 10%” (Manual de engradamento MGM, p. 8); telhas metálicas com “inclinação recomendada de 10% (MANUAL DE ENGRADAMENTO MGM, p. 8); telha de polycarbonato; telha de chapa metálica galvanizada, telha em PVC; telha em alumínio.

Figura 46 – Telha de fibrocimento



Fonte: Fesp (2017)

Figura 47 – telhas de vários materiais



Fonte: Fesp (2017)

7. VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS ESTRUTURAS DE MADEIRA E DAS ESTRUTURAS METÁLICAS

7.1 Vantagens e desvantagens das estruturas de madeira

7.1.1 Vantagens

A madeira em função da grande disponibilidade, proporcionado pelas grandes áreas florestais existentes, pela fácil extração, em que não há a necessidade de grandes tecnologias ou mão de obra especializada, é um material de fácil obtenção, resultando também em um baixo custo de produção. Um outro fator bastante vantajoso desse material em relação aos outros são as suas reservas, que com o uso consciente e utilizando técnicas de reflorestamento, podem ser renovadas. A madeira segundo Ferguson (1996) têm um baixo consumo de energia no processo de usinagem, a sua energia fóssil consumida na sua produção é baixa em comparação com outros materiais.

Quadro 5 – Energia combustível fóssil consumida na produção de alguns materiais

MATERIAL	ENERGIA CONSUMIDA (MJ/M ³)
Madeira serrada	750
Aço	266.000
Concreto	4.800
Alumínio	1.100.000

Fonte: Ferguson (1996)

A madeira tem uma boa resistência mecânica, tanto para flexão como para compressão, a primeira é a resistência a forças que tendem a encurtar o seu comprimento, e o segundo tende a estender o seu comprimento, além de ter resistência à flexão que é a resistência das forças ao longo do seu comprimento, e também oferece dureza. É um material resistente à choques, bom isolante térmico e acústico, mas com ressalvas, pois a sua condutibilidade elétrica tem certa variação, quando a madeira está seca, a mesma não conduz eletricidade, já no caso dela estar

molhada, ela vai apresentar certa percentagem de condutibilidade. Quanto à sua condutibilidade térmica e sonora, elas têm essas propriedades devido à sua constituição fibrosa que absorvem o calor e as ondas sonoras. Lembrando que a sua massa específica é baixa e ela apresenta inércia química, ou seja, não se reage tão facilmente com certos agentes oxidantes e redutores (VEDANA, 2011).

7.1.2 Desvantagens

Uma das principais desvantagens da madeira para uso na construção civil é devido a uma das suas características, a higroscopicidade, que afeta diversas propriedades em função do teor de umidade existente. A higroscopicidade nada mais é do que a:

Capacidade da madeira absorver umidade da atmosfera. Como a madeira possui uma grande capacidade de absorver umidade do meio ambiente, caso a mesma se não for tratada antes da utilização pode sofrer variações com diversos tipos de deformações, como o arqueamento e o encanoamento (VEDANA, 2011, p. 5)

A maioria das desvantagens da madeira está relacionada aos fatores que malefician as suas propriedades

Pelo fato de a madeira ser um material de origem biológica, está sujeita a variações na sua estrutura que podem acarretar mudanças nas suas propriedades; essas mudanças são resultantes de três fatores principais: anatômicos, ambientais e de utilização. (C. Calli Junior, F. A. Rocco Lahr e S. Brazolin)

Vedana (2011) especifica bem esses três fatores, os fatores anatômicos são: Densidade, pois quanto maior a densidade, maior a sua resistência, mas a presença de nós e a umidade podem acarretar num falso aumento da densidade, já que não contribuem para uma maior resistência; inclinação das fibras, que mostra o desvio das fibras a partir de uma linha paralela à borda da peça; nós, eles são causados pela presença e retirada de galhos, diminuem a resistência mecânica, pois interrompem a direção e a continuidade das fibras; defeitos naturais da madeira, que podem ser pela alteração do alinhamento das fibras, e podem ser também pela presença de alburno, que é a parte mais nova do lenho, conseqüentemente a menos resistente. Os fatores ambientais são: Umidade, é influenciador direto da resistência e da elasticidade,

segundo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997), o teor de umidade aceito é de 12%; defeitos por ataques biológicos, que são causados pelo ataque de fungos e insetos, os primeiros causam manchas azuladas e putrefações, já os insetos causam perfurações. Os fatores de utilização: defeitos de secagem, que são como o próprio nome já diz, causados por problemas na secagem e no armazenamento das peças de madeira, esses defeitos ocasionam no encanoamento, arqueamento, encurvamento e torcimento das peças; defeitos de processamento, a avaria é ocasionada durante o desdobro, transporte e armazenamento do lenho, por exemplo, causam arestas quebradas, lascas na madeira e variação da seção transversal. E uma das desvantagens mais conhecidas por todos, é por ela ser um material combustível, tornando a estrutura susceptível à incêndios caso se tenha um tempo prolongado de queima, outras desvantagens são a falta de homogeneidade e à anisotropia que de acordo com a direção normal e paralela às fibras, ocasiona na variação das suas propriedades físicas e mecânicas.

7.2 Vantagens e desvantagens das estruturas metálicas

7.2.1 Vantagens

A utilização do aço para fins na construção civil vêm numa crescente no Brasil, muito influenciado pela grande produção da mesma, o Brasil está entre os 3 maiores produtores de minério de ferro, e é atualmente o oitavo maior produtor de aço do mundo, com esta representatividade as indústrias de aço estão cada vez mais focadas em alcançar o ramo da construção, cada vez mais melhorando a qualidade do seu material, podem ser listadas várias vantagens da sua utilização, segundo Bellei (1998) as principais vantagens das estruturas de aço são:

1 - Alta resistência do material nos diversos estados de tensão (tração, compressão, flexão etc.), o que permite aos elementos estruturais suportarem grandes esforços apesar da área relativamente pequena das suas seções; por isso, as estruturas de aço, apesar da sua grande densidade (7.850 kg/m^3), são mais leves do que os elementos constituídos em concreto armado.

2 – Os elementos de aço oferecem uma grande margem de segurança no trabalho, o que se deve ao fato de o material ser único e homogêneo, com limite de escoamento, ruptura e módulo de elasticidade bem definidos.

3 – Os elementos de aço são fabricados em oficinas, de preferência seriados, e sua montagem é bem mecanizada, permitindo com isso diminuir o prazo final da construção.

4 – Os elementos de aço podem ser desmontados e substituídos com facilidade, o que permite reforçar ou substituir facilmente diversos elementos da estrutura.

5 – Possibilidade de reaproveitamento do material que não seja mais necessário à construção” (BELLEI, 1998, p. 1)

Explanando sobre essas e outras vantagens, quanto aos itens 2 e 3 citados acima, reforça-se a ideia de que como a fabricação ocorre na indústria, essas peças são fabricadas com um controle de qualidade exigidos, sobre o item 5, esse reaproveitamento é disponível devido ao aço ser 100% reciclável. Outras vantagens podem ser observadas de acordo com Nardin (2008), que cita vantagens como: A possibilidade de alívio das fundações, já que o fator densidade/resistência implica num material mais leve necessário para a estrutura; há uma mudança positiva também no canteiro de obras, como o aço é pré-fabricado, o local fica mais organizado pela falta de materiais que são necessários quando usada a madeira, que ocupam bastante espaço, como areia, cimento, as próprias madeiras, ferragens; dispensa de escoramento; todas essas mudanças no canteiro acarretam em melhores condições de segurança ao trabalhador, outra vantagem bastante interessante é o tempo gasto na construção, que é reduzida com o uso de estruturas metálicas, pelos seguintes fatores, pelo fato do material ser pré-fabricado, simplificação do escoramento, dispensa do uso de formas, e as condições climáticas, como a chuva, não afetam a obra; com a maior vida útil do aço as reformas e manutenções necessárias consequentemente diminuirão.

A Companhia Siderúrgica Nacional (2010) exemplifica mais algumas vantagens não citadas, como: A estrutura de aço é altamente compatível com materiais de fechamento, cobertura e acabamento; quaisquer problemas são resolvidos no papel, antes mesmo de se iniciar a construção; a sua precisão é trabalhada em milímetros.

As vantagens específicas para o engradamento metálico, segundo o Manual de engradamento MGM são: A duração que é maior pelo fato do aço ser revestido com zinco (aço galvanizado), os tornando resistentes às ações de cupins, brocas e outros organismos; agilidade na montagem; simplicidade de ampliação ou redução, ou outro tipo de modificação quanto ao projeto já finalizado; a estrutura é resistente ao fogo, e também não há propagação; podem ser desmontado; os perfis metálicos

são padronizados e não ocorre desperdícios; as ligações de fixação são aparafusadas e por fim; não necessitam de pintura.

7.2.2 Desvantagens

O aço como qualquer material existente demonstra certas desvantagens na sua utilização, Nascimento (2011) cita algumas desvantagens como: Um certo limite na realização em fábrica, devido à necessidade de se transportar as peças até o local da obra; devido a ação da oxidação, entre outros agentes, as peças sentem a necessidade de receberem tratamento superficial, geralmente com zinco; para a fabricação das estruturas metálicas é necessária uma mão-de-obra especializada e equipamentos específicos para a realização da mesma e da montagem e a; dificuldade de fornecimento de perfis estruturais.

Quanto a necessidade de tratamento superficial citado acima pelo autor Nascimento (2011), essa desvantagem está sendo atenuada pelas usinas que começam a fabricar aços com proteção a corrosão, “os quais apresentam uma resistência à corrosão da ordem de duas a quatro vezes a do aço carbono, dispensando qualquer proteção, a não ser em casos especiais” (NARDIN, 2008, p. 2).

Quadro 6 – Quadro comparativo com vantagens de cada material sobre o concorrente.

VANTAGENS	MADEIRA	AÇO
	Baixo custo de produção	Resistência à diversos estados de tensão
	Fácil extração	Maior segurança no trabalho
	Mão-de-obra barata	Tempo de construção menor
	Baixo consumo de energia na usinagem	Fácil desmontagem, ampliação e diminuição
	Resistência à choques	Reaproveitamento do material não utilizado
	Isolamento térmico	Estrutura leve
	Isolamento acústico	Organização no canteiro de obras
		Precisão em milímetros
		Resistência à cupins
		Necessidade de manutenção em tempo menor
		Maior vida útil

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 7 – Quadro comparativo com desvantagens de cada material sobre o concorrente.

DESVANTAGENS	MADEIRA	AÇO
	Variação do teor de umidade	Necessidade de tratamento superficial
	Vulnerabilidade à agentes externos	Mão de obra e equipamentos especializados
	Defeitos naturais	Limitação de fabricação
	Material combustível	Necessidade de amarração
	Susceptível ao apodrecimento e ataque de cupins	Limitação de perfis estruturais
	Durabilidade limitada	
	Trincas e empenas	

Fonte: Autoria própria (2018)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo das vantagens e desvantagens dos esqueletos, estruturas ou armações de madeira e de metal no telhado de pequenas, médias e grandes edificações, levando em conta características físicas, químicas e estéticas dos materiais, levando também em apreço o clima e a localização geográfica em que a edificação será fixada. Pôde-se determinar qual pode ser efetivamente o mais eficaz, resistente, seguro e ergonômico. No entanto muitas características subjetivas a depender do ponto de vista do consumidor. Observou-se que as estruturas metálicas vêm apresentando melhores vantagens em comparação ao tradicional uso da madeira. Principalmente no que se refere ao tempo de construção e ao não desperdício de material. Apresentando maior resistência, durabilidade e menor necessidade de manutenção. Com isso pode-se observar que o aço apresenta vantagens a curto e longo prazo.

Observa-se uma grande variabilidade na utilização dos dois materiais na construção civil, desta forma, a apresentação da caracterização de cada material nas formas mais usuais facilita a tomada de decisão por parte do consumidor, servindo este trabalho como instrumento de consulta e de orientação, atendendo de fato o seu objetivo.

A tomada de decisão relacionada ao tipo de cobertura, pode ocorrer de forma direta, levando em consideração fatores concretos, ou, de forma subjetiva na qual a estética apresenta-se como o fator mais relevante, não sendo possível assim definir o material mais vantajoso para utilização na construção civil. O conhecimento sobre as principais vantagens e desvantagens de cada material, permite ou facilita a definição que atenda de forma mais satisfatória o consumidor.

REFERÊNCIAS

ARCHIEXPO. **Telha Holandesa**. Disponível em: <www.archiexpo.com/pt/prod/terreal-couverture/product-3050-173311.html>. Acesso em 29 julho, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 115575-5/2013.

Edificações habitacionais — Desempenho

Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190/1997. **Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro. 1997.

AZEREDO, H. A de. **O edifício até a sua cobertura**. 2. Ed. São Paulo: Blucher, 1997.

BAUER, L. A, Falcão. **Materias de construção**. São Paulo: Pini, 1995

BELLEI, I, H. **Edifícios industriais em aço: projeto e cálculo**. 3. ed. São Paulo: Pini, 2000.

BRITO, C. **A Ponte de Coalbrookdale**. 2013. Disponível em: <<http://estoriasdahistoria12.blogspot.com/2013/11/a-ponte-de-coalbrookdale.html>>. Acesso em: 14 junho. 2018

CALIL JÚNIOR, C.; BARALDI, L. T. **SET 406 - Estruturas de Madeira (NBR 7190/97)**. São Carlos, 1977. Notas de Aula. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

CAMPOS, F de. **Oficina de História**. São Paulo: Editora moderna, 2002.

CARDÃO, CELSO. **Técnica da construção**. 6. ed. Belo Horizonte. 1983.

CARDOSO, F. F.; OLIVEIRA, L. A de; MARTINS, M. G. **Cobertura em telhados**. São Paulo, 2000. Notas de aula da disciplina Tecnologia da construção de Edifícios II.

Disponível em:

<<http://pcc2436.pcc.usp.br/Textost%C%A9cnicos/coberturas/ApostilaCoberturaPCC436Ano2000.pdf>>. Acesso em: 02 junho. 2018.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **CBCA**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/aplicacoes--construcao-civil.asp>>. Acesso em: 01 junho. 2018.

COBRIRE. **Tecnologia Shingle**. Disponível em: <<https://www.cobrire.com.br/telhado-e-telha-shingle/>>. Acesso em: 05 agosto, 2018.

COLEGIO DE ARQUITETOS. **Terças**. Disponível em: <<http://www.colegiodearquitetos.com.br/>>. Acesso em 23 junho. 2018.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL. **CSN**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Aço_na_Construção_Civil-CSN.pdf>. Acesso em: 09 junho. 2018.

CONTADINI, L.F. **Análise estrutural de ripas para engradamento metálico de coberturas**: Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia. UNESP – Campus de ilha solteira. 2011.

COSTA, C.T. **O Sonho e a Técnica**: a arquitetura de ferro no Brasil. São Paulo: USP, 1994.

COSTA, Ana A. P. **Construção de Edifícios com Cross Laminated Timber**. Porto, 2013. Disponível em: <<https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/68870/2/26141.pdf>>. Acesso em: 02 junho. 2018.

DE MILITO, J. A. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Campinas: Faculdade de Ciências Tecnológicas da P.U.C, 2004, notas de aula.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA UEPG. **Composição do Telhado**. Ponta Grossa. 2012. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT2809201182132.pdf>>. Acesso em: 29 maio. 2018.

DIAS, A. Tipos de tesouras. Disponível em: <<http://estruturasdemadeira.blogspot.com/2008/04/tipos-de-tesouras-em-madeira.html>>. Acesso em: 06 julho. 2018.

DIAS, L. A de M. **Estruturas de aço**: conceitos, técnicas e linguagem. São Paulo: Zigurate, 1997.

EBAH. **Tesoura**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br>>. Acesso em: 04 agosto. 2018.

EBANATAW. **Tesoura em telhados**. 2009. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/trelica/trelica.htm> (2009)>. Acesso em: 21 junho. 2018.

EDDY, H. G. **Estruturas de madeira**. Disponível em: <<http://construcaociviltips.blogspot.com/search/label/COBERTURA>>. Acesso em: 03 junho. 2011.

EMBAL. **Estrutura metálica especial**. Disponível em: <<http://www.embal.com.br/estrutura-metalica-espacial.php>>. Acesso em: 13 jul. 2018.

FABRIL TELHAS. **Madeiras para telhados**. Disponível em: <<http://www.fabriltelhas.com.br/madeiras-para-telhados/>>. Acesso em: 24 junho. 2018.

FERGUSON, M.R. **Drywall**: professional techniques for walls & ceilings. s.L., Tauton Books & Videos, 1996.

FERRAZ, H. **Revista Siderurgia Brasil: a revista de negócios do aço.** Feicon acontece no melhor momento da construção civil: O aço na construção civil – 1ª parte, São Paulo, n. 41, abr. 2008.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. **Revista Eletrônica de Ciências**, São Carlos, número 22, Outubro/Novembro/Dezembro, 2003.

FESP. **Madeiramento e cobertura.** 2017. Disponível em: <<https://fesp.br/files/2017/09/cobertura.pdf>>. Acesso em 24 junho, 2018.

GERDAU, **Comercial Gerdau.** Porto Alegre. 2015. Disponível em: <<http://www.comercialgerdau.com.br/produtos/downloads.asp>>. Acesso em 02 junho. 2018.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação.** Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006.

GRAVIA. **Estrutura metálica para telhados.** Disponível em: <<http://www.gravia.net.br/lojas/p/estrutura-metalica-para-telhados>>. Acesso em: 16 junho. 2018.

HISTÓRIA E VESTIBULAR. **História do Rio Grande do Sul – os primeiros habitantes.** 2014. Disponível em: <<http://historiandonovestibular.blogspot.com.br/2014/09/historia-do-rio-grande-do-sul-os.html>>. Acesso em: 27 junho. 2018.

HELLMEISTER, J. C. **Estruturas de Madeira.** 2 ed. rev. São Carlos. 1977. Notas de Aula. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Números de mercado.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://acobrasil.org.br/site/portugues/numeros/numeros--mercado.asp>>. Acesso em: 29 maio. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de edificações. **Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas:** manual de execução. São Paulo: IPT; Sinduscon-SP, 1998.

LOGSTON, N. B. **Estruturas de madeira para coberturas, sob a ótica da NBR 7190/1997.** Cuiabá: Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, 2002, Notas de aula.

MADEIREIRA GONÇALEZ. **Telhas.** Disponível em: <<http://www.madeireiragoncalez.com.br/madeireiras-e-esquadrias-zona-sul-sao-paulo/>>. Acesso em: 17 junho. 2018

METÁLICA. **Engradamento metálico para telhados.** Disponível em: <<http://www.metálica.com.br/engradamento-metalico-para-telhados>>. Acesso em: 21 maio. 2018.

MGM PRODUTOS SIDERÚRGICOS LTDA. **Manual de sistema estrutural metálico leve para telhados:** Engradamentos metálicos. Monsenhor Paulo/MG. MGM. 2018.

MITIDIERI FILHO, C. V.; HACHICH, V. F. Telhados: como construir. **Téchne:** a revista do engenheiro civil, São Paulo, ano 2, n. 9, p. 49-53, mar./abr. 1994.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estrutura de madeira.** 4. ed. rev. São Paulo: Blücher, 2010.

NASCIMENTO, F. **Estruturas Metálicas:** projeto – critérios, análise estrutural e normas. Itu: Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio, Instituto Superior de Engenharia, Arquitetura e Design, 2011.

NARDIN, Fabiano. A. **A importância da estrutura metálica na construção civil:** Trabalho de Conclusão de Curso. 63 f. – Departamento de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, 2008.

NAVARRO, R. F. A evolução dos materiais. Parte 1: da Pré-história ao início da Era Moderna. **Revista eletrônica de materiais e processos**, Campina Grande, ISSN 1809-8797, v. 1, 1, 01/11, 2006.

NEVES, Osias Ribeiro; CAMISASCA, Marina Mesquita. **Aço Brasil:** Uma viagem pela indústria do aço. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013.

PEREIRA, Jacqueline. B. **Estruturas de aço para telhados:** Uma visão comparativa entre o tradicional e o inovador. 118 f. Monografia – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

PFEIL, W. **Estruturas de aço:** dimensionamento prático de acordo com a NBR 800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

REIS, F. S. B. dos; SOUZA, U. E. L. de. **Coberturas com telhados:** definições, características gerais e visão analítica. São Paulo: EPUSP, 2007, Boletim Técnico PCC 456.

RIZZO, I.; MITIDIERI, C. **Como comprar estrutura de aço galvanizado para telhado.** 2010. Disponível em: <<http://www.cbca-iabr.org/noticias-ultimas-ler.php?cod=3457&bsc=&orig=noticias-ultimas>>. Acesso em: 13 julho. 2018.

ROCHA, A. P. Por uma membrana. **Téchne:** a revista do engenheiro civil, São Paulo, ano 18, n 169. P. 46-57, abr. 2011.

RODRIGUES, E. **Técnicas das construções:** cobertura. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/dau/profs/edmundinho/Cap%EDtulo6c-Coberturas.pdf>> Acesso em: 17 junho. 2018.

ROSSI, F. **Telhado Metálico, passo a passo!**. Disponível em: <<https://pedreiro.com.br/teelho-metalico-passo-a-passo/>>. Acesso em: 03 julho. 2018.

SILVA, E. **Jorsil Indústrias: estruturas de telhado em aço**. 2010. Disponível em: <<http://www.jorsil.com.br/si/site/0601>>. Acesso em: 24 mar. 2018.

SOUTO, L. G.; BUENO, L. da S.; SILVA, P. de D. Técnicas construtivas utilizando madeira e sua evolução histórica. **Ignis**, Santa Catarina, Caçador, v.5, n.2, jul./dez, 2016.

SOUZA, A. N de. Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 7, n. 27, p. 27-58, 2005.

THOMAZ, E. **Cobertura com Estruturas de Madeira e Telhados com Telhas Cerâmicas**. São Paulo: IPT, 1998.

VEDANA, Camila. **Materiais de construção civil 1: Madeiras**. Sinop: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2011, notas de aula.

YAZIGI, Walid. **A técnica de Edificar**. Editora Pini. São Paulo. 1998.

