



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Dandara Sara Silvano Gonçalves

PROJETO ESTRUTURAL DE TELHADO TRELIÇADO EM MADEIRA PARA
HABITAÇÃO SOCIAL DO PROJETO ECO-VILA EM PALMAS – TO

Palmas – TO

2016

Dandara Sara Silvano Gonçalves

PROJETO ESTRUTURAL DE TELHADO TRELIÇADO EM MADEIRA PARA
HABITAÇÃO SOCIAL DO PROJETO ECO-VILA EM PALMAS – TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientadora: Profa. Mestre Elizabeth Hernández Zubeldia.

Palmas – TO

2016

Dandara Sara Silvano Gonçalves
PROJETO ESTRUTURAL DE TELHADO EM MADEIRA PARA HABITAÇÃO
SOCIAL DO PROJETO ECO-VILA EM PALMAS – TO

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Profa. Mestre Elizabeth Hernández Zubeldia

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Profa. M.Sc. Elizabeth Hernández Zubeldia
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. Esp. Rafael Alves Amorim
Centro Universitário Luterano de Palmas

Profa. Dra Orieta Soto Izquierdo
Universidade Federal do Tocantins

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus irmãos, ao meu marido e a professora orientadora que sempre me apoiaram e incentivaram o meu crescimento profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A minha orientadora, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação de caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus pais, e meus irmãos pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu marido por todo o apoio, paciência e incentivo para nunca desistir dos nossos sonhos.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Este trabalho utilizou uma habitação social do Projeto Eco-Vila, que visa à utilização de materiais de fácil obtenção e praticidade de execução. Uma habitação de um pavimento com um formato retangular na qual proporciona à utilização da proposta de uma estrutura de telhado em madeira do formato de treliça do tipo Howe. A madeira utilizada foi a encontrada disponível a venda no mercado da cidade de Palmas – TO, na qual foi da espécie Angelim Pedra Verdadeiro. No decorrer do trabalho foram utilizados três softwares um para cálculo das cargas variáveis dos ventos, o Visual Vento, outro para o cálculo da estrutura da tesoura através do método dos nós o programa Ftool e um para realização do projeto em si o AutoCAD. O dimensionamento das peças foi realizado através do método do Estado Limite Último e Estado Limite de Utilização, na qual são regidos pelas normas brasileiras NBR 7190/2010 e NBR 6123/1988. Os resultados obtidos foram de que é possível a execução da estrutura treliçada em madeira, sendo ela também de fácil execução, pois suas ligações são feitas por entalhe aonde é realizado um recorte na própria madeira para encaixe. Quanto ao dimensionamento foram das ripas serão de 2x5cm, dos caibros de 5x6,5cm, das terças 4,5x10cm, das treliças: banzo superior 5x11cm, banzo inferior 5x11cm, pendural central 5x14cm, pendurais secundários 2 peças de 10x2,5cm e diagonais 5x6,5cm.

Palavras-chave: Treliça Howe, Estrutura de telhado, madeira.

ABSTRACT

This work used a social housing project Eco-Vila, which aims to use materials that are easy to obtain and practical to execute. A housing of a rectangular shaped floor in which it provides the use of the proposal of a wooden structure of the truss type of Howe type. The wood used was found available for sale in the market of the city of Palmas - TO, in which it was of the species Angelim Pedra Verdadeiro. In the course of the work three software were used to calculate the variable wind loads, the Visual Wind, another for the calculation of the scissor structure through the method of the Ftool program and one for the realization of the project in itself AutoCAD. The dimensioning of the pieces was carried out using the State Limit Ultimate and State Limit of Usage method, in which they are governed by Brazilian standards NBR 7190/2010 and NBR 6123/1988. The results obtained were that it is possible to execute the lattice structure in wood, it is also easy to execute, because its connections are made by notch where a cut is made in the wood itself to fit. As for the sizing were slats will be 2x5cm, rafters 5x6,5cm, teres 4.5x10cm, trusses: top 5x11cm, bottom 5x11cm, central pendant 5x14cm, secondary pendals 2 pieces of 10x2,5cm and diagonals 5x6, 5cm.

Keywords: Trellis Howe, roof structure, wood.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tipos de seções da madeira	19
Figura 2 - Terminologia dos construtores	23
Figura 3 – Terminologia estrutural	25
Figura 4 - Terminologia estrutural	26
Figura 5 - Tipos de telhas cerâmicas	27
Figura 6 - Tipos de ligações estruturais em peças de madeira	29
Figura 7 - Tipos de conectores para ligações estruturais em peças de madeira	29
Figura 8 - Tesoura <i>Howe</i>	30
Figura 9 - Tesoura <i>Fink</i>	30
Figura 10 - Estrutura de telhado do tipo viga armada de alma cheia	31
Figura 11 - Estrutura de telhado do tipo pontaletadas	32
Figura 12 - Estrutura de telhado do tipo arcos invertidos	32
Figura 13 - Estrutura de telhado do tipo arcos invertidos	33
Figura 14 - Representação ligação por entalhe	39
Figura 15 - Recorte NBR 7190/2010 - Anexo E.1	42
Figura 16 - Projeto de cobertura	43
Figura 17 - Esquema estrutura do telhado e tesoura com unidades em metros	44
Figura 18 - Inserção de dados primeira etapa do programa Visual Ventos	46
Figura 19 - Análise das isopletas de vento	47
Figura 20 - Determinação do fator S1	48
Figura 21 - Determinação do fator S2	48
Figura 22 - Determinação do fator S3	49
Figura 23 – Ação externa do vento a 0° e a 90°	49
Figura 24 - Ação externa do vento no telhado a 0° e a 90°	50

Figura 25 - Determinação do coeficiente de pressão interna	50
Figura 26 - Esforços resultantes	51
Figura 27 - Cargas permanentes utilizando programa Ftool	54
Figura 28 – Gráfico momento fletor das cargas permanentes pelo programa Ftool	54
Figura 29 - Cargas variáveis utilizando programa Ftool	54
Figura 30 - Gráfico de momento fletor cargas variáveis pelo programa Ftool	54
Figura 31 - Gráfico esforço cortante das cargas permanentes utilizando programa Ftool	55
Figura 32 - Gráfico esforço cortante das cargas variáveis utilizando programa Ftool	55
Figura 33 - Cargas permanentes na tesoura utilizando o programa Ftool	59
Figura 34 - Gráfico de esforços normais das cargas permanentes obtidos pelo programa Ftool em kN	59
Figura 35 - Cargas acidentais utilizando o programa Ftool	59
Figura 36 - Gráfico de esforços normais das cargas variáveis utilizando o programa Ftool	60
Figura 37 - Nomenclatura para nós e barras	60
Figura 38 - Gráfico de deslocamentos pelo programa Ftool	63
Figura 39 - Esquema de ligação por entalhe do banzo superior e banzo inferior	65
Figura 40 - Esquema da ligação do banzo superior e pendural	66
Figura 41 - Esquema ligação por entalhe do banzo superior e pendural principal	68
Figura 42 - Esquema peças metálicas de enrijecimento da ligação	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões principais dos produtos da madeira serrada	21
Tabela 2 - Classes de umidade	36
Tabela 3 - Madeiras disponíveis no comércio de Palmas - TO	41
Tabela 4 - Cargas permanentes	45
Tabela 5 – Resumo carregamentos variáveis de vento.	51
Tabela 6 - Resultantes dos esforços normais em cada barra da tesoura	61
Tabela 7 - Orçamento parcial das peças de madeira	72

LISTA DE FÓRMULAS

Equação 1 - Combinação de ações	37
Equação 2 - Equação geral do método do Estado Limite Último	37
Equação 3 - Equação da resistência de projeto	38
Equação 4 - Equação do K_{mod}	38
Equação 5 - Altura do dente	39
Equação 6 - Fórmula de Hankinson	39
Equação 7 - Limite da altura do dente	39
Equação 8 - Folga necessária à resistência ao cisalhamento	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NEI	Núcleo de Empreendedorismo e Inovação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema de Pesquisa	15
1.2	Hipótese	15
1.3	Objetivos	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	Justificativa	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Projeto Eco-Vila	17
2.1.1	Definição, características e objetivos do Projeto Eco-Vila	17
2.2	Madeira	17
2.2.1	Madeira como material de construção	17
2.2.2	Madeira como elemento estrutural: Características e propriedades	18
2.2.3	Tipos de peças de madeira para construção de telhados	21
2.3	Estruturas de telhado em madeira	21
2.3.1	Terminologia	21
2.3.2	Telha	26
2.3.3	Ligações de peças estruturais e emendas	27
2.3.4	Estruturas para coberturas residenciais	29
2.3.5	Tipos de cargas	33
2.3.6	Manutenção em estruturas de madeira	34
3	METODOLOGIA	35
3.1	Objeto do projeto	35
3.2	Levantamento de disponibilidade da madeira no mercado de Palmas-TO	35
3.3	Caracterização das espécies de madeira	35
3.4	Definição do material a ser utilizado na cobertura	36
3.5	Realização do anteprojeto	36
3.5.1	Definição do esquema geral da estrutura do telhado	36
3.5.2	Determinação das cargas e combinações	37
3.5.3	Dimensionamento pelo estado limite último	37
3.5.4	Verificação da deflexão pelo método do Estado Limite Último	38
3.5.5	Ligações	38

3.6	Projeto Executivo.....	40
3.7	Levantamento de preços das peças de madeira	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	Madeiras disponíveis no comércio de Palmas-TO	41
4.2	Propriedades mecânicas da madeira disponíveis em Palmas-TO	41
4.3	Ante-projeto.....	42
4.3.1	Dados	42
4.3.2	Esquema da estrutura do telhado.....	44
4.3.3	Cálculo das cargas unitárias	45
4.3.4	Dimensionamento das peças	52
4.3.5	Dimensionamento das ligações	64
4.4	Projeto executivo	70
4.5	Levantamento de valores das peças de madeira que compõe a estrutura do telhado.....	72
5	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima importante e aplicável em vários setores. No setor da construção civil tem diversas formas de utilização, pois possui características como: material natural de fácil obtenção e renovável; facilmente cortada nas dimensões exigidas; boa elasticidade e competitivamente econômica.

Uma das formas de aplicação da madeira é em estruturas de telhado devido à facilidade de compra e facilidade de execução, sem necessidade de uma mão de obra qualificada tanto para instalação como para reparos, permite elaboração de vários modelos de telhado, abrangendo tantos residenciais como, industriais ou comerciais.

As características da madeira principalmente por ela ser renovável e ecologicamente correta quando utilizadas as de reflorestamento é o fator preponderante para sua escolha como material da estrutura do telhado proposta para as habitações sociais do projeto Eco-Vila.

O projeto Eco Vila visa à construção de 20 habitações sociais na cidade de Palmas – TO com o intuito de identificar e melhorar a qualidade habitacional da população menos favorecida aonde enfrenta vários problemas como: baixa renda das famílias; dificuldade de acesso financeiro e o processo acelerado de urbanização. Sendo que, a base é a criação de uma cooperativa habitacional, adotando práticas sustentáveis e construídas com práticas de autoconstrução. Buscando alternativas de projetos, materiais, fontes renováveis, entre outros.

Neste trabalho será realizado um projeto de telhado treliçado em estrutura de madeira com as espécies disponíveis em Palmas – TO aonde será destinado às habitações sociais do projeto Eco-Vila cumprindo as exigências da NBR 7190/2010.

1.1 Problema de Pesquisa

Qual a solução de telhado em estrutura treliçada de madeira mais viável com as madeiras disponíveis em Palmas – TO para habitação social do projeto Eco-Vila?

1.2 Hipótese

É possível projetar estrutura treliçada do telhado com a madeira disponível em Palmas – TO.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Projetar estrutura de telhado treliçado em madeira para as habitações sociais do projeto Eco-Vila com a madeira disponível em Palmas – TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Levantar qual espécie, dimensões da madeira disponíveis e valores no comércio em Palmas – TO;
- b) Identificar as propriedades mecânicas da madeira disponível e usual na construção civil para estruturas de telhado;
- c) Realizar o anteprojeto do telhado treliçado de madeira;
- d) Realizar o projeto executivo;
- e) Levantamento de valores das peças de madeira que compõe a estrutura do telhado com base no mercado de Palmas – TO.

1.4 Justificativa

Este trabalho visa contribuir para o projeto Eco Vila, na qual tem o objetivo de projetar habitações sociais, econômicas, funcionais e com materiais de fácil obtenção e na medida do possível recicláveis, colaborando assim com a realização de uma proposta de estrutura do telhado em madeira através da realização do projeto executivo.

O projeto do telhado se faz necessário, pois irá proteger a habitação das intempéries, sendo que o material a ser utilizado será a madeira, na qual é de fácil obtenção, de fácil manuseio e é de fonte renovável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Projeto Eco-Vila

2.1.1 Definição, características e objetivos do Projeto Eco-Vila

O Projeto Eco Vila surgiu da necessidade da existência de projetos de qualidade para as pessoas de baixa renda, contudo por serem construções econômicas implicam em problemas como: falta de planejamento; má gestão de recursos financeiros; aquisição de materiais de baixa qualidade para reduzir custos, entre outros (RODRIGUES, SAKAMOTO, 2015).

Para criar um projeto de qualidade ao público de baixa renda, incluindo práticas de construção verde e construção por mutirão que surgiu o Projeto Eco Vila, idealizado pelo NEI (Núcleo de Empreendedorismo e Inovação) do CEULP/ULBRA (Centro Universitário Luterano de Palmas) na qual estão sendo realizados vários estudos desde 2014 que visam à gestão desse projeto, envolvendo métodos como a autoconstrução através de uma rede de colaboradores, pesquisa de diferentes práticas e alternativas de projeto arquitetônico, matérias, fontes renováveis e tratamento de resíduos para o proposto conjunto habitacional de 20 casas (FIDELIS, RODRIGUES, SAKAMOTO, 2015).

Contudo segundo Fidelis (2015) para uma construção verde/sustentável é necessário reduzir ou necessariamente utilizar o mínimo de recursos e otimizar a produção assegurando a qualidade.

2.2 Madeira

2.2.1 Madeira como material de construção

A madeira é um dos materiais de construção mais antigos devido a sua obtenção na natureza. Porém outros fatores contribuem para a sua vasta utilização e comercialização até os dias de hoje como vantagens apresentam: uma boa relação

resistência/peso; facilidade de fabricação das peças; bom isolamento térmico; rapidez de montagem além da sua disponibilidade em florestas de todo o planeta.

Historicamente segundo Carnielle (2011) a madeira é utilizada desde os primórdios para construções nas quais as primeiras que surgiram eram utilizadas técnicas de construção que se baseavam em função da observação de fenômenos e estruturas da natureza e aprendizado empírico na qual com o tempo foram se aperfeiçoando.

Desde os primeiros relatos históricos com o estudo das técnicas construtivas era utilizada a madeira em telhados. Na época colonial no Brasil normalmente eram telhados com cobertura vegetal e uma simples trama de madeira sendo que a única influência identificada nestes levantada é o formato da cobertura, que seguiam as formas triangulares das tesouras romanas (FERREIRA, 2010).

Segundo Curi (2011) algumas madeiras mais utilizadas na construção civil são do tipo maciço: roliça natural ou serrada, sendo que, a madeira roliça natural é mais utilizada em escoramentos, construções rústicas, pontes entre outras, tem um baixo custo e é facilmente encontrada ao se comparar com os demais tipos. A madeira serrada é utilizada em elementos de telhado, terças, caibros e outros, sendo o produto industrial mais comum no mercado.

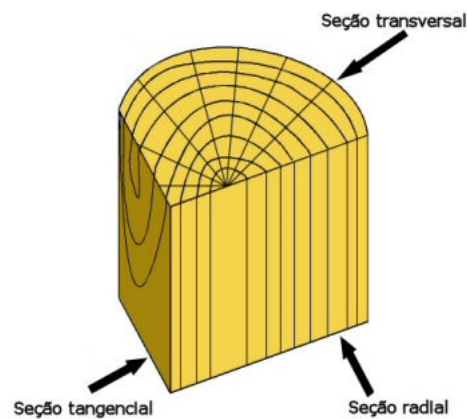
2.2.2 Madeira como elemento estrutural: Características e propriedades

A madeira para ser utilizada como elemento estrutural se faz necessário conhecer suas características comum a todas as espécies, na qual influenciam em qualquer estrutura a ser projetada, por ser um material natural não é homogêneo podendo possuir defeitos e outras características que precisam ser conhecidas para melhor escolha da espécie, da disposição das peças e de outras características.

Por ser um organismo heterogêneo a madeira possui células dispostas e organizadas em 3 (três) direções principais consequentemente a partir de solicitações de esforços as reações serão diferentes em cada sentido de aplicação

sendo essa característica denominada como anisotropia. Na qual essas direções principais são definidas como: transversal; longitudinal e tangencial conforme ilustrado na Figura 1 (BURGER e RICHTER, 1991, p.38).

Figura 1 - Tipos de seções da madeira



Fonte: QUOIRIN (2016)

Das propriedades físicas da madeira além da anisotropia podemos destacar a umidade, retração e deterioração. A umidade e retração estão relacionadas, pois segundo Pfeil e Pfeil (2003) a umidade é o peso de água contido na madeira expresso em porcentagem em relação ao peso da madeira seca, o grau de umidade na qual atinge um ponto de equilíbrio está relacionada a umidade relativa do ar variando geralmente entre 10% a 20% esse grau de umidade que dependendo deste vai existir ou não o fenômeno de retração na qual a madeira sofre um processo de inchamento ou retração. Segundo os mesmos autores caracterizam a retração como importante na direção tangencial aonde há uma variação maior de dimensão devido a disposição da água no interior da madeira, na direção radial é cerca de metade deste e na direção longitudinal e menos pronunciada. Para evitar esses efeitos e prejudicar o projeto se faz necessário o conhecimento da umidade da madeira a ser utilizada e através da tabela comparativa apresentada na NBR 7190/2010 relacionar com a umidade-padrão também especificada nesta que é de 12%.

A deterioração da madeira está relacionada a ação de agentes biológicos, físicos, químicos ou mecânicos em função do tempo de ação destes ao longo da sua vida útil porém pode ocorrer também danos devido a ação do fogo (BRITO, 2014).

“Os principais agentes físicos que podem ocasionar a deterioração da madeira são o fogo: o principal responsável pela destruição de grandes peças de madeira; o calor: O aumento da temperatura ocasiona transformações químicas e estruturais na madeira, conferindo-lhe um aspecto semelhante a carbonização; e a umidade: Peças de madeira situadas em locais de abundante umidade facilmente são atacadas por fungos. Já os agentes químicos são ácidos fortes, bases fortes, óxidos de ferro e enxofre, dentre outros, quando em contato com a madeira ocasionam uma redução nas suas propriedades físico-químicas, sendo os responsáveis pela sua decomposição. A madeira torna-se normalmente amolecida, com aparência desfibrada em forma de cabeleira. Identifica-se o agente químico utilizando um papel indicador umedecido (Tornassol). Pressiona-se este contra a área afetada e caso o pH estiver entre 2,0 e 8,0 pode-se concluir que o agente de origem química. Alguns exemplos são madeiras em contato com ferragens; pregos cravados em madeiras; pisos de madeira de fábricas de produtos químicos. No caso dos agentes biológicos, da estrutura anatômica da madeira, podemos destacar três principais componentes de fundamental interesse para a biodeterioração de madeiras, quais sejam: celulose, hemicelulose e lignina. Em segundo plano temos os materiais nitrogenosos, pectina, amido, açúcares, etc. que se encontram em menor quantidade.” (REMADE, 2013)

Contudo para complementar a caracterização das madeiras para realização dos cálculos do projeto no conhecimento dos esforços resistentes há a necessidade do estudo das propriedades mecânicas nas quais as principais estão denominadas como: resistência à compressão paralela as fibras (f_c) e normal às fibras (f_{cn}); resistência à tração paralela às fibras (f_t) e normal às fibras (f_{tn}); resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (f_v); resistência ao embutimento (f_e) paralelo e normal às fibras; módulos de elasticidade na compressão paralelo às fibras (E_c) e normal às fibras (E_{cn}). Todas essas propriedades mecânicas são obtidas através de ensaios padronizados à condição padrão de umidade de 12% com vários corpos-de-prova sem defeitos obtendo assim valores característicos para a espécie em questão (PFEIL; PFEIL, 2003).

Os ensaios para obtenção dos valores das propriedades mecânicas são padronizados pela NBR 7190/2010 na qual disponibiliza tabelas com valores característicos das espécies mais comuns e mais utilizadas aonde inclui-se madeiras de reflorestamento. Contudo para o ensaio são utilizados corpos-de-prova de cada

espécie sem nenhum defeito, ou seja, evitando a presença de fibras reversas, sem presença de nós que reduzem a resistência da madeira devido o fato de alterar o sentido das fibras, sem fendas e ventas que são aberturas na área interior da peça.

2.2.3 Tipos de peças de madeira para construção de telhados

Segundo Manual da madeira (IPT, 2003) os produtos da madeira são diversos para serem utilizados na construção variam desde peças com pouco ou nenhum processamento, madeira roliça, até peças com vários graus de beneficiamento, como: madeira serrada e beneficiada, lâminas, painéis de madeira e madeira tratada com produtos preservativos.

Para estruturas de telhado comumente são utilizadas os produtos das madeiras serradas conforme descritos na Tabela 1, presente na NBR 7203/1982.

Tabela 1 - Dimensões principais dos produtos da madeira serrada

Produtos	Espessura(mm)	Largura (mm)	Comprimento (m)
Pranchão	maior que 70	maior que 200	variável
Prancha	40-70	maior que 200	variável
Viga	maior que 40	110-200	variável
Vigota	40-80	80-110	variável
Caibro	40-80	50-80	variável
Tábua	10-40	maior que 100	variável
Sarrafo	20-40	20-100	variável
Ripa	menor que 20	menor que 100	variável
Dormente	160	220	2,00-5,60
	170	240	2,80-5,60
Pontalete	75	75	variável
Bloco	Variável	variável	variável

Fonte: NBR 7203 (1982)

2.3 Estruturas de telhado em madeira

2.3.1 Terminologia

De acordo com Moliterno (1997) as terminologias das peças que compõem os elementos do telhado variam de acordo com cada região. Porém para um melhor

entendimento é separado em duas categorias: Terminologia dos construtores e terminologia estrutural.

A terminologia dos construtores é dividida em:

1. Ripas: Peças de madeira de pequena esquadria pregadas sobre os caibros para sustentação das telhas;

2. Caibros: Peças de madeira de pequena esquadria, apoiadas sobre as terças para sustentação das telhas;

3. Cumeeira: Terça da parte mais alta do telhado;

4. Terça: Viga de madeira apoiada sobre as tesouras ou sobre paredes, para sustentação dos caibros;

5. Contrafrechal: Terça da parte inferior do telhado;

6. Frechal: Viga de madeira colocada em todo o perímetro superior da parede para amarração e distribuição de carga concentrada da tesoura, em alguns casos, não substituído cintas de amarração de concreto;

1 a 5. Trama: Conjunto formado pelas ripas, caibros e terças;

7. Chapuz: Peça de madeira, geralmente de forma triangular, pregado na asna da tesoura, destinado a apoiar a terça;

8. Asna, Perna, Empena ou Membrura Superior;

9. Linha, Rochante, Tirante, Tensor, Olivel ou Membrura Inferior;

10. Pendural ou Pendural Central;

11. Escora;

12. Pontalete, Montante, Suspensório ou Pendural;

8 a 12. Tesoura: Viga em treliça plana vertical, formada de barras dispostas de maneira a compor uma rede de triângulos, tornando o sistema estrutural indeslocável;

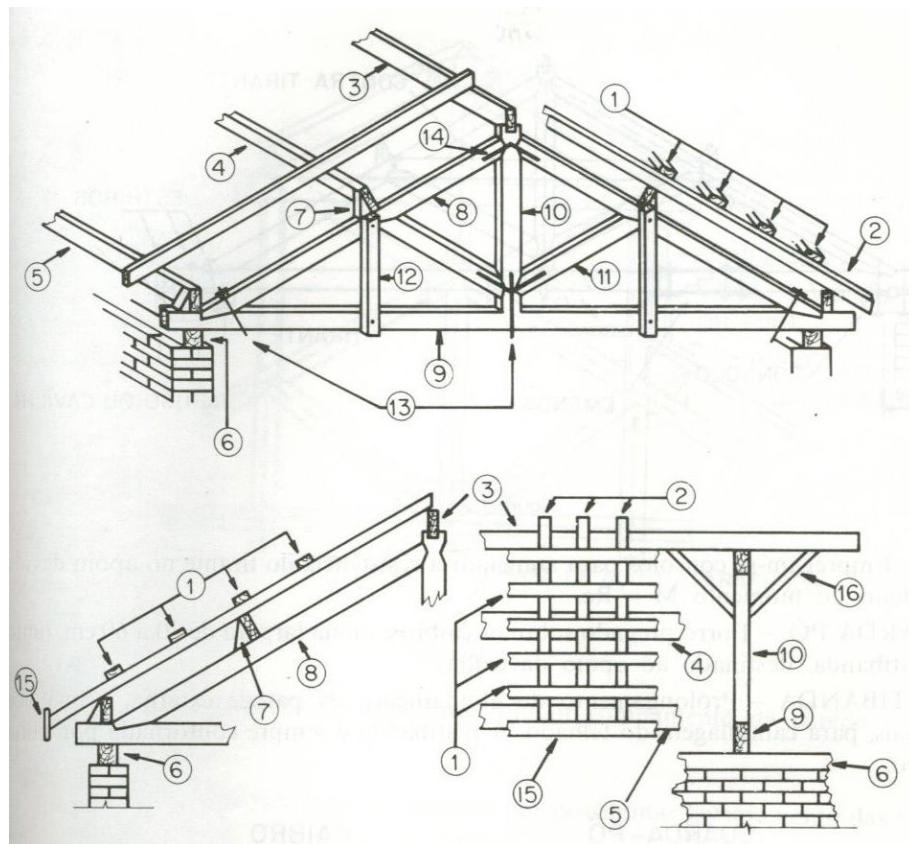
13. Ferragens ou Estribos;

14. Ferragem ou Cobrejunta;

15. Testeira ou Aba;

16. Mão Francesa

Figura 2 - Terminologia dos construtores



Fonte: MOLITERNO (1997)

A terminologia estrutural é dividida em:

1. Terças;

2. Mão Francesa: Elemento de travejamento dos nós inferiores da tesoura e servem como escoras para as terças;

3. Tesoura: Viga principal em treliça ou viga-mestra, que serve para transferir o carregamento do telhado aos pilares ou paredes da edificação. É composta por: Banzo Superior (S); Banzo Inferior (I); Barras verticais ou verticais (V); Barras

Diagonais ou diagonais (D); Nó ou Junta (N); Paineis (p); Altura da tesoura (h); Vão da tesoura (L) e Inclinação da tesoura (α)

4. Contraventamento vertical: Estrutura plana vertical formada por barras cruzadas, dispostas perpendicularmente ao plano das tesouras;

5. Contraventamento horizontal: Estrutura formada por barras tracionadas colocadas no plano abaixo da cobertura, para amarração do conjunto formado pelas tesouras e terças.

6. Meia Tesoura;

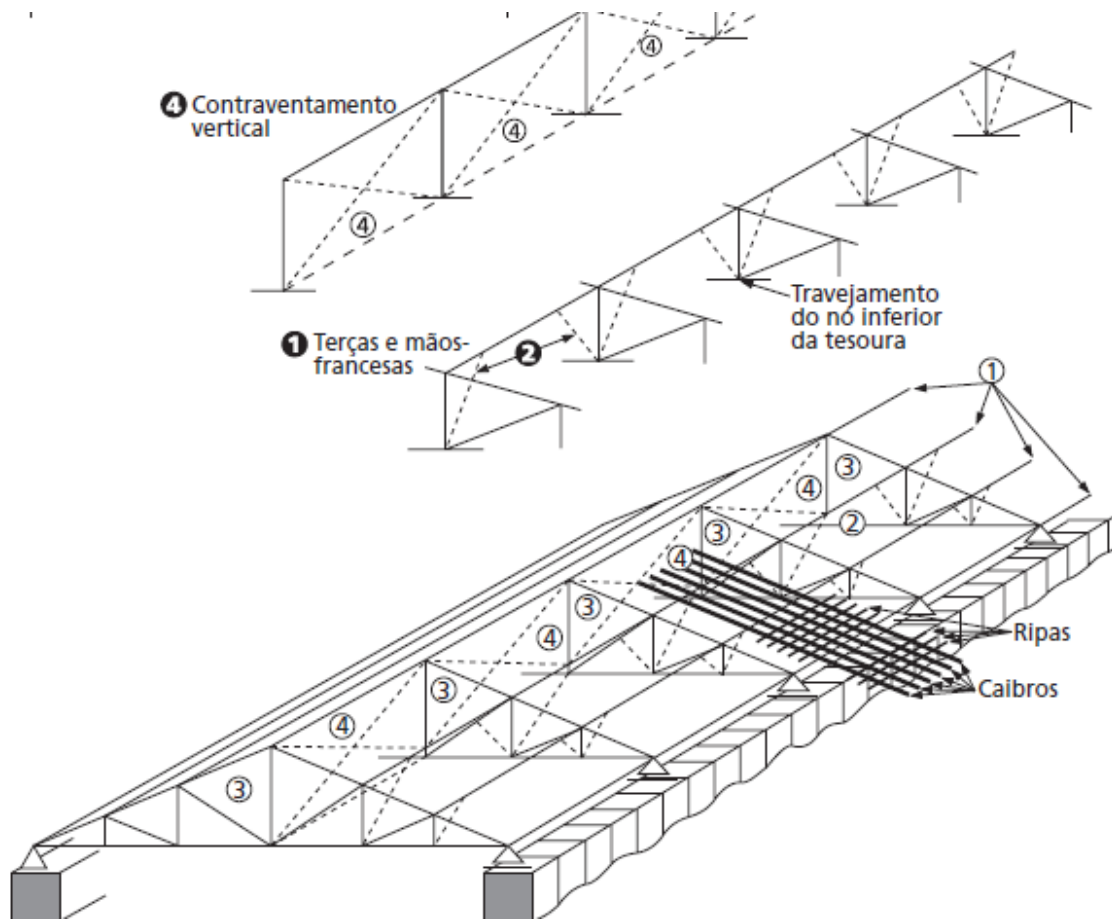
7. Tesoura de canto;

8. Espigão: Aresta saliente inclinada do telhado: quando horizontal é cumeeira.

6 a 8. Existentes em telhado com quatro ou mais águas.

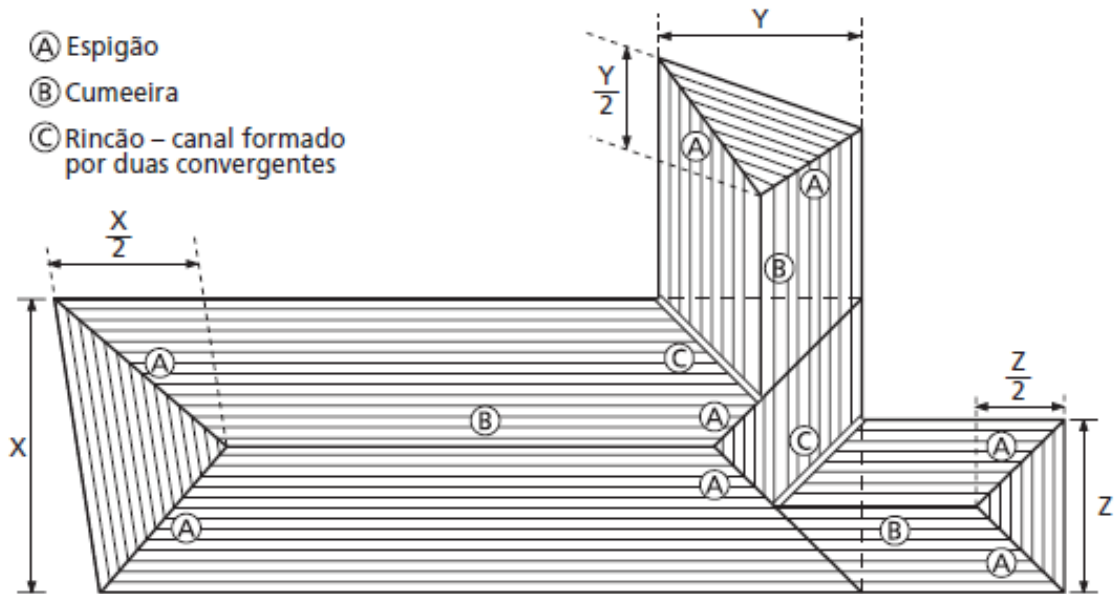
Oitões: Paredes externas paralelas as tesouras, que as vezes servem para apoio das terças.

Figura 3 – Terminologia estrutural



Fonte: MOLITERNO (2010)

Figura 4 - Terminologia estrutural



Fonte: MOLITERNO (2010)

2.3.2 Telha

A telha é o material responsável por garantir a segurança das residências contra a ação do vento, poeira, ruídos, sol, chuva e outras intempéries. Contudo existem diversos tipos de telhas no mercado das quais se destacam em utilização as de cerâmica, de fibrocimento e as metálicas, porém, há também as de concreto, vidro, fibra vegetal, plástico e madeira (JUNIOR e MOLINA, 2010).

As telhas cerâmicas são feitas de barro cozido e são encontrados em vários modelos conforme exemplos na figura a seguir como vantagens apresentam bom desempenho térmico acústico, boa durabilidade e resistência mecânica e são usualmente utilizadas em residências. Entretanto como desvantagens são mais pesadas e permeáveis se comparada com os demais tipos (JUNIOR e MOLINA, 2010).

Figura 5 - Tipos de telhas cerâmicas



Fonte: JOCIMAR (2011)

As telhas de fibrocimento são telhas compostas da adição de fibras no cimento possui vantagens como rapidez de execução, custo reduzido e boa resistência mecânica e como desvantagens são ruins isolantes térmicos, necessita de manutenção (JUNIOR e MOLINA, 2010).

Segundo Junior e Molina (2010) as telhas metálicas são compostas de alumínio ou aço galvanizado, porém existem modelos que apresentam um preenchimento para compensar sua maior desvantagem de não possuir um bom isolamento termo acústico, contudo, como vantagens apresentam elevada resistência á corrosão atmosférica garantindo assim uma longa vida útil e também se sobressaem por serem leves.

2.3.3 Ligações de peças estruturais e emendas

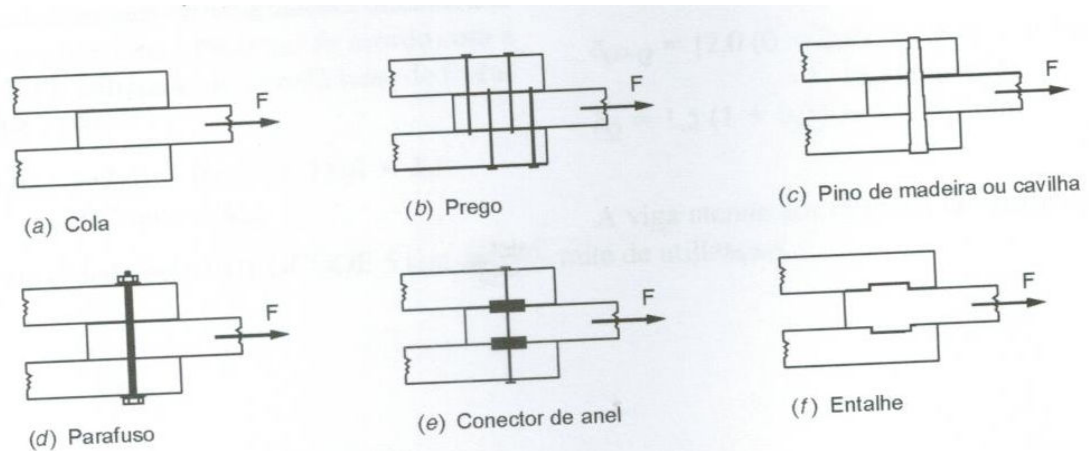
As ligações em peças estruturais e emendas de madeira são muito utilizadas, pois como a madeira é um material natural se torna limitado os comprimentos das peças para tanto em longos vãos há a necessidade de utilização de técnicas de ligações ou emendas.

Segundo Pfeil e Pfeil (2003) os principais tipos de ligações empregadas são: colagem, pregos, grampos, abraçadeiras, pinos, parafusos, conectores metálicos, tarugos e entalhes. No entanto os grampos e as abraçadeiras são utilizados como complementares, pois não são consideradas ligações estruturais.

A ligação através da colagem é realizada com a utilização de uma cola, entretanto exige um elevado controle da cola e das propriedades da madeira utilizadas para tanto só em fábricas. Já os pregos são peças metálicas que são cravadas na madeira, utilizados em ligações definitivas. Os pinos são eixos cilíndricos sendo seu material aço ou madeira dura são colocados em furos feitos a máquina aonde são instalados sem folga combatendo uma deformação relativa das peças ligadas. Os parafusos possuem de dois tipos os rosqueados auto-atarrachantes na qual são muito utilizados para fazer a ligação de acessórios a peças de madeira não sendo utilizado quando há necessidade estrutural e os com porcas e arruelas na qual são utilizados com uma folga de 1 a 2 milímetros na qual estes ajudam a reduzir a pressão de apoio na superfície da madeira (PFEIL e PFEIL, 2003).

Os conectores de anel metálicos especiais são encaixados em ranhuras nas peças de madeira e apresentam grande eficiência na transmissão de esforços. Os entalhes e encaixes são utilizados em situações na qual a madeira trabalha á compressão associada à corte. Os tarugos ou chavetas são peças de madeira dura ou metálica colocadas no interior de entalhes com o objetivo de transmitir esforços (PFEIL e PFEIL, 2003). Conforme demonstração nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Tipos de ligações estruturais em peças de madeira



Fonte: PFEIL e PFEIL (2003)

Figura 7 - Tipos de conectores para ligações estruturais em peças de madeira

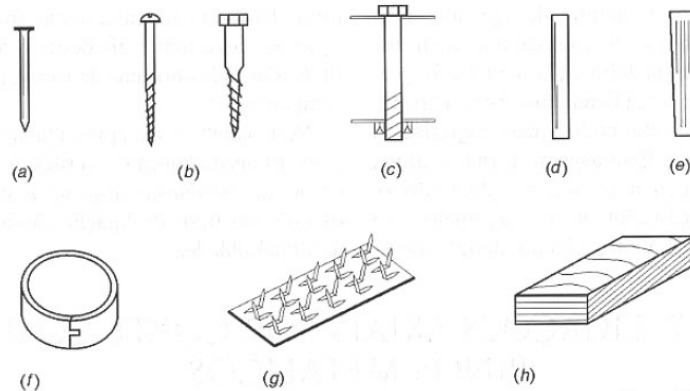


Fig. 4.2 Conectores para ligações em estruturas de madeira: (a) prego; (b) parafuso auto-atarraxante; (c) parafuso com porca e arruela; (d) pino metálico; (e) pino de madeira; (f) conector de anel metálico; (g) chapa com dentes estampados; (h) tarugo de madeira.

Fonte: PFEIL e PFEIL (2003)

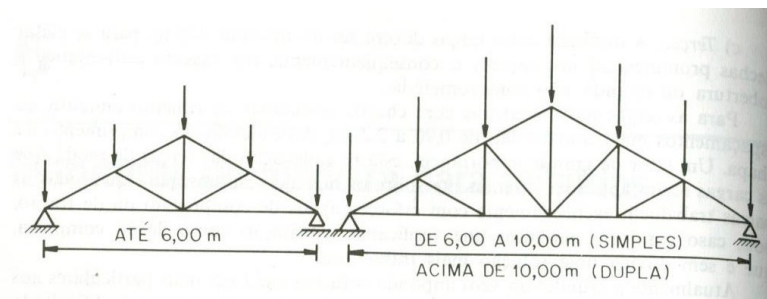
2.3.4 Estruturas para coberturas residenciais

As estruturas para coberturas residenciais segundo Moliterno (1997) mais usuais são: Tesoura *Howe* e Tesoura *Fink*, Vigas armadas de alma cheia, Estrutura Pontaletada e Estrutura em arco invertido conforme descrições de cada tipo abaixo.

A Tesoura *Howe* é a mais utilizada no Brasil, portanto será a utilizada neste trabalho, no entanto mesmo não sendo o método mais econômico é mais fácil sua

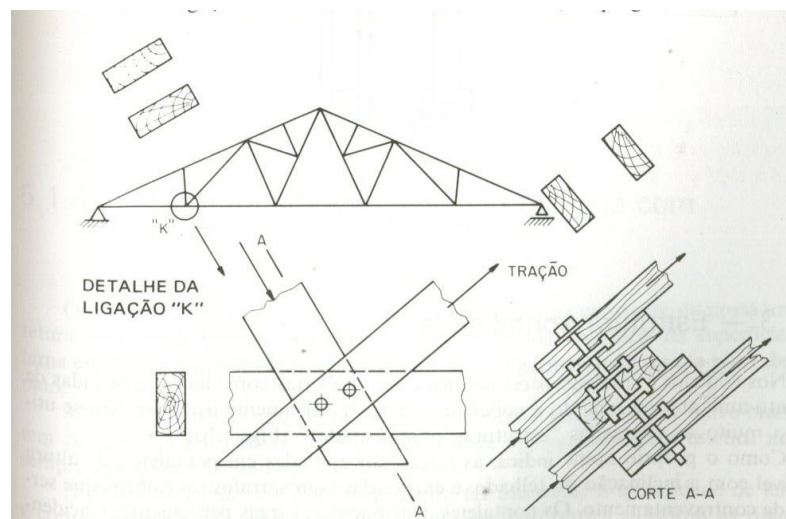
execução, pois não há necessidade de realizar suas ligações através de entalhes, podendo ser utilizadas as ligações por parafusos, pinos circulares de madeira ou pregos, sendo está a necessidade deste trabalho, pois no projeto Eco-Vila os próprios moradores executarão suas casas. Na figura 8 representa o modelo desta tesoura. A tesoura *Fink* devido o arranjo de suas peças de madeira são utilizadas para suas ligações conectoras conforme representação da figura 9.

Figura 8 - Tesoura *Howe*



Fonte: MOLITERNO (2010)

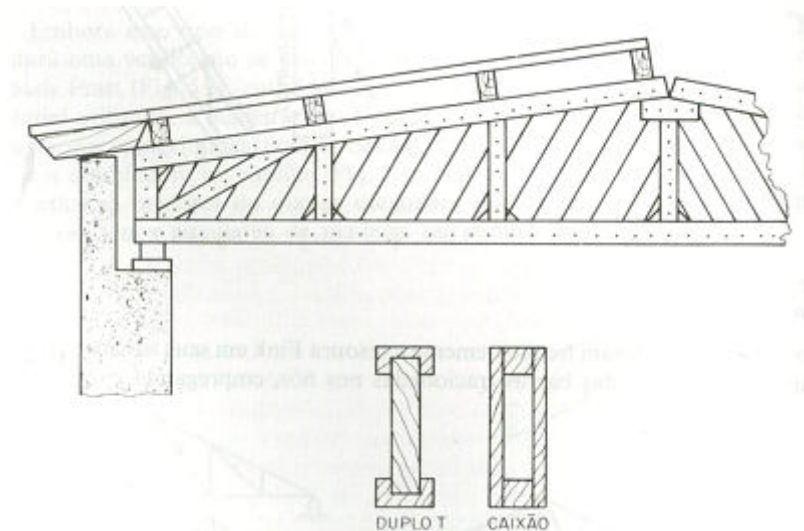
Figura 9 - Tesoura *Fink*



Fonte: MOLITERNO (2010)

As vigas armadas de alma cheia são utilizadas em telhado com baixa inclinação variando em torno de 10° ou 18%, utilizando uma viga de alma cheia de seção variável em perfil T duplo ou caixão conforme ilustração na figura 10.

Figura 10 - Estrutura de telhado do tipo viga armada de alma cheia

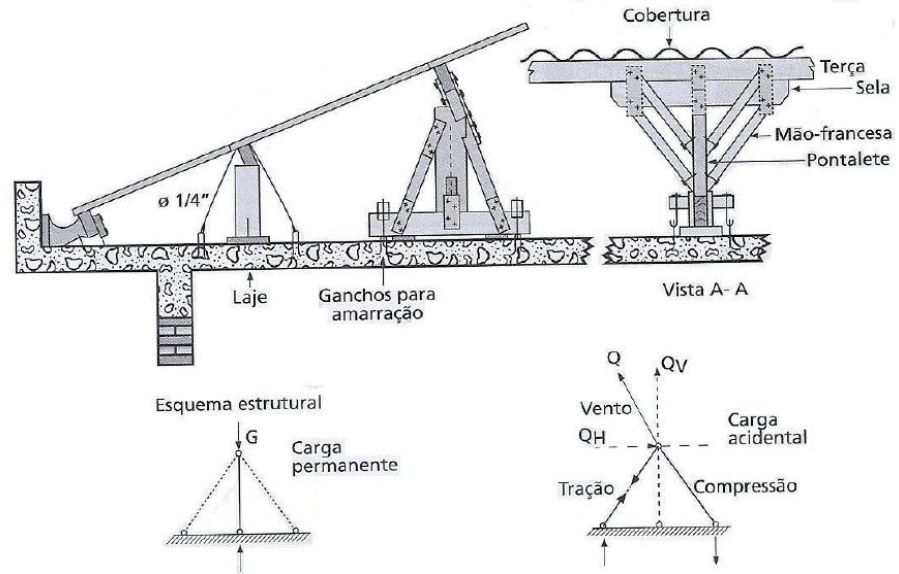


Fonte: MOLITERNO (2010)

As estruturas pontaletadas são muito utilizadas em residências com intuito de economizar o sistema é composto pontaletes que apoiam as terças, sendo que a altura varia de acordo com a inclinação do telhado e enrijecidas com sarrafos e caibros que servem como contraventamento, modelo de estruturas pontaletadas na figura 11.

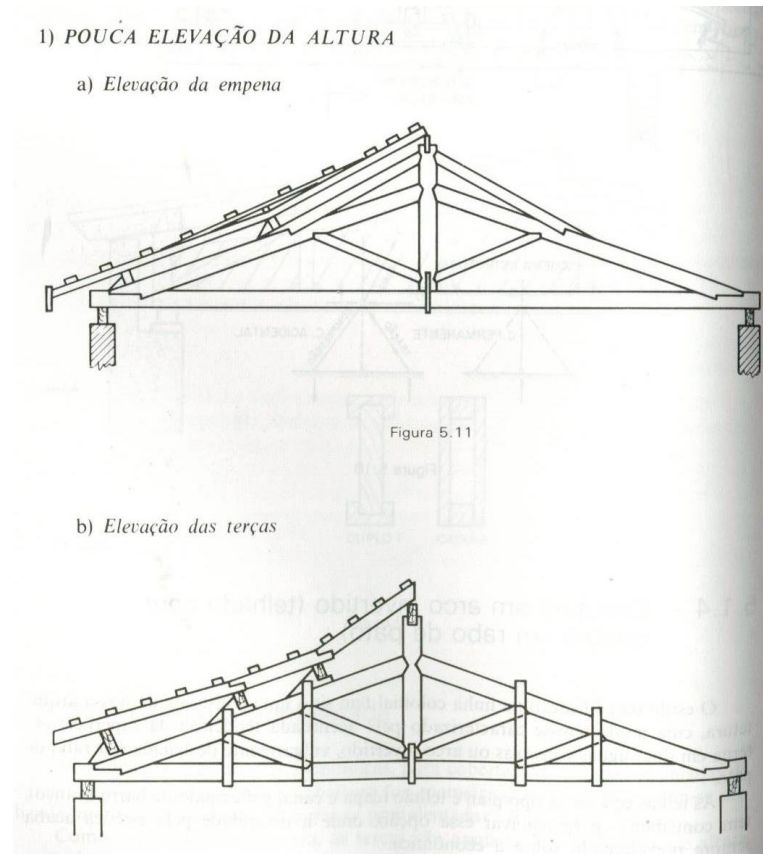
As estruturas em arcos invertidos são utilizadas mais quando há a intenção de dar o aspecto arquitetônico conforme demonstrado nas figuras 12 e 13 nos telhados, ressaltando que sua estrutura há um maior consumo de madeira se comparado aos outros métodos.

Figura 11 - Estrutura de telhado do tipo pontaletadas



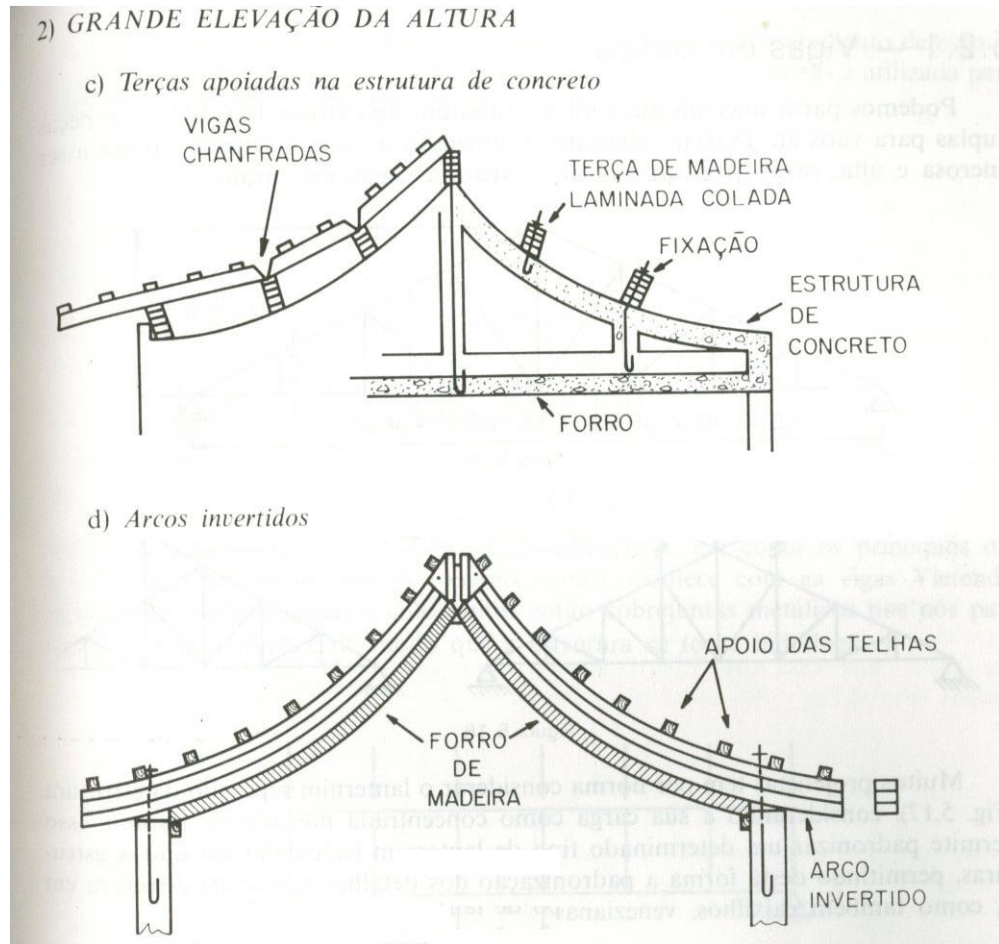
Fonte: MOLITERNO (2010)

Figura 12 - Estrutura de telhado do tipo arcos invertidos



Fonte: MOLITERNO (2010)

Figura 13 - Estrutura de telhado do tipo arcos invertidos



Fonte: MOLITERNO (2010)

2.3.5 Tipos de cargas

Os tipos de cargas a serem consideradas no cálculo de estruturas de telhado são: cargas permanentes, cargas acidentais e excepcionais segundo as NBR 6120/1980 e NBR 7190/2010. Aonde segundo as normas as cargas permanentes são constituídas pelo peso próprio da estrutura e de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes e as cargas acidentais são todas aquelas que atuam sobre a estrutura em função do seu uso. Uma das principais cargas variáveis a ser considerada é a ação do vento que age tanto na forma de pressão como de sucção. E as cargas acidentais são aquelas que a probabilidade de ocorrência é muito baixa, porém devem ser consideradas.

Com a definição das cargas e seus determinados valores que se é possível a partir do conhecimento da resistência da peça de madeira que será utilizada, naquele sentido de aplicação da carga, que se é determinada as dimensões necessárias às peças calculadas.

2.3.6 *Manutenção em estruturas de madeira*

As manutenções em geral tem objetivo não somente de reparar um problema, tem principalmente a intenção de criar medidas preventivas para evitar ou reduzir problemas futuros, porém existem também as corretivas.

Para as manutenções preventivas segundo Brito (2014) para estruturas em madeira é necessária uma manutenção e conferência da estrutura periodicamente aonde se deve observar: o teor de umidade da madeira sendo que, quando este for pequeno a madeira estará propicia ao crescimento de fungos e insetos; o uso de tratamento preservativo *in loco* aonde ajudará selando a madeira contribuindo para combater a ação de agentes deteriorantes; fumigantes são preservativos químicos utilizados para deter a deterioração interna, entre outros.

As manutenções corretivas normalmente acontecem devida a falta da realização das manutenções preventivas que podem vir a serem utilizadas devido a problemas na estrutura, devido a deterioração de algum componente de madeira e sua recuperação é realizada através inicialmente de um suporte da estrutura e em seguida substituição das peças deformadas e se necessário da realização de um reforço estrutura.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem como objetivo a realização de um projeto executivo de estrutura treliçada de telhado em madeira, onde será necessário inicialmente um estudo bibliográfico, seguido de um levantamento de disponibilidade de madeira no mercado da cidade de Palmas – TO, seguido da realização de anteprojeto e deste anteprojeto realiza-se o projeto executivo, na qual o projeto será regido preponderantemente pela NBR 7190/2010.

A metodologia está desenvolvida em etapas que estão detalhadas a seguir.

3.1 Objeto do projeto

O projeto da estrutura do telhado treliçada em madeira será realizado para atender as habitações sociais do projeto Eco Vila na qual será executado na cidade de Palmas-TO com o objetivo de ser realizado de maneira econômica e de fácil processo executivo, pois buscam aplicar os conceitos de cooperativa aonde a partir do treinamento dos próprios moradores eles consigam executar o projeto.

3.2 Levantamento de disponibilidade da madeira no mercado de Palmas-TO

O levantamento será realizado através de ligações telefônicas e/ou visitas as madeiras mais conhecidas na cidade de Palmas – TO, na qual a busca está relacionada aos tipos de peças de madeira de reflorestamento que estão disponíveis a venda com suas respectivas espécies para serem utilizadas em estruturas de telhado e o valor de cada peça, com os dados levantados, gera-se uma média na qual será utilizada para realização do orçamento.

3.3 Caracterização das espécies de madeira

Com o resultado das espécies disponíveis a venda no mercado de Palmas – TO se faz necessário descrever as suas propriedades, através da NBR 7190/2010 na qual inicialmente caracteriza a umidade tendo como base a temperatura ambiente através da tabela 2 apresentada abaixo.

Tabela 2 - Classes de umidade

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio da madeira U_{eq}
1	$U_{amb} \leq 65 \%$	12 %
2	$65 \% < U_{amb} \leq 75 \%$	15 %
3	$75 \% < U_{amb} \leq 85 \%$	18 %
4	$U_{amb} > 85 \%$ durante longos períodos	$\geq 25 \%$

Fonte: NBR 7190 (2010)

Em seguida descrever as propriedades da madeira de acordo com a espécie segundo os dados fornecidos pela NBR 7190 (2010) no Anexo E - Valores médios usuais de resistência e rigidez de algumas madeiras nativas e de florestamento.

3.4 Definição do material a ser utilizado na cobertura

Este trabalho se limitará a uma proposta de projeto executivo com a utilização de telha cerâmica do tipo Plan, justificada pelo fato de ser bastante disponível a venda no mercado de Palmas – TO, ser de fácil de execução e bom isolante térmico-acústico.

3.5 Realização do anteprojeto

O projeto arquitetônico foi concluído pelo NEI (Núcleo de Empreendedorismo e Inovação) do CEULP/ULBRA (Centro Universitário Luterano de Palmas), na qual foi disponibilizado por e-mail.

O tipo de estrutura de telhado treliçado para realização do anteprojeto é com Tesoura *Howe* na qual será calculada para atender ao telhado de duas águas, pois é a mais utilizada devido às características de facilidade de execução e economia.

3.5.1 Definição do esquema geral da estrutura do telhado

A definição do esquema será definida utilizando o padrão da tesoura do tipo Howe, com a dimensão do vão sendo o comprimento da fachada principal da

habitação a ser projetada e a inclinação do telhado sendo o exigido pela telha a ser aplicada.

3.5.2 Determinação das cargas e combinações

As cargas permanentes serão determinadas a partir da avaliação da estrutura do telhado e as cargas variáveis serão determinadas a partir das cargas de sobrecarga prevista na NBR 6120/1980 e as cargas variáveis de vento serão determinadas pela utilização do software Visual Ventos que é regido pela norma NBR 6123/1988.

As combinações serão determinadas a partir da seguinte equação:

Equação 1 - Combinação de ações

$$S_d = \sum \gamma_g G + \gamma_{q1} Q_1 + \sum \gamma_{qi} \Psi_{0i} Q_i \text{ aonde:}$$

G = Carga Permanente

Q_1 = Ação variável principal para a combinação estudada

Q_i = Ação variável usada em combinação com a principal

γ_g = Coeficiente de majoração da carga permanente

γ_{q1} = Coeficiente de majoração da carga variável principal

γ_{qi} = Coeficiente de majoração de outras cargas variáveis

Ψ_{0i} = Fator de redução combinação das demais ações variáveis

3.5.3 Dimensionamento pelo estado limite último

O dimensionamento será realizado pelo método do Estado Limite Último aonde é regido pela norma NBR 7190/2010, contudo este leva em consideração a seguinte metodologia de cálculo.

Equação 2 - Equação geral do método do Estado Limite Último

$$S_d \leq R_d \text{ aonde:}$$

S_d = Solicitação de projeto

R_d = Resistência de projeto.

Equação 3 - Equação da resistência de projeto

$R_d = K_{mod} \times (R_{n,k} / \gamma_m)$ aonde:

K_{mod} = Coeficientes de modificação obtidos por tabelas na NBR 7190/2010

$R_{n,k}$ = Resistência característica da madeira

γ_m = Coeficiente de ponderação

Equação 4 - Equação do K_{mod}

$K_{mod} = K_{mod1} \times K_{mod2} \times K_{mod3}$ aonde:

Os valores são extraídos das tabelas da norma NBR 7190/2010.

Será utilizado o programa Ftool para dimensionamento dos esforços atuantes.

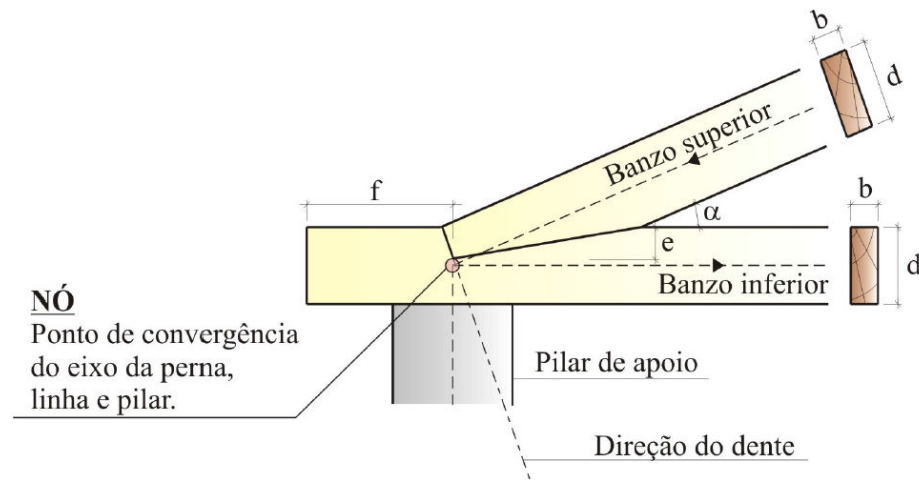
3.5.4 Verificação da deflexão pelo método do Estado Limite Último

A verificação será realizada na treliça após o dimensionamento para verificação do deslocamento máximo no nó central, contudo comparado ao limite estabelecido por norma de $l/200$ aonde l é o vão entre apoios da treliça.

3.5.5 Ligações

As ligações serão calculadas de acordo com os modelos a serem adotadas na qual comumente são utilizadas ligações por entalhe que são regidas pela NBR 7190/2010 e sua metodologia de cálculo é a seguinte.

Figura 14 - Representação ligação por entalhe



Fonte: Albuquerque (2006)

Equação 5 - Altura do dente

$$e \geq (N_d \times \cos \alpha) / (f_{c\alpha, d} \times b)$$
 aonde:

 N_d = Esforço normal de projeto

 α = Ângulo formado entre as peças de madeira

 $f_{c\alpha, d}$ = Resistência a compressão obtida da fórmula de Hankinson

 b = Largura da peça entalhada

Equação 6 - Fórmula de Hankinson

$$f_{c\alpha, d} = (f_{c0, d} \times f_{c90, d}) / [(f_{c0, d} \times \sin^2 \alpha) + (f_{c90, d} \times \cos^2 \alpha)]$$
 aonde:

 $f_{c0, d}$ = Resistência de compressão paralela as fibras de projeto

 $f_{c90, d}$ = Resistência de compressão perpendicular as fibras de projeto

Equação 7 - Limite da altura do dente

$$d/8 \leq e \leq d/4$$
 aonde:

d = altura da peça entalhada

Equação 8 - Folga necessária à resistência ao cisalhamento

$f \geq (Nd \times \cos \alpha) / (b \times f_{v0,d})$ aonde:

Nd = Esforço normal de projeto

α = Ângulo formado entre as peças de madeira

b = Largura da peça entalhada

$f_{v0,d}$ = Resistência de cisalhamento de projeto.

3.6 Projeto Executivo

O projeto executivo se dará a partir do anteprojeto aonde serão detalhadas todas as peças e ligações no programa AutoCAD para posterior execução.

3.7 Levantamento de preços das peças de madeira

O levantamento será realizado somente das peças de madeira, tendo como base os valores do comércio de Palmas –TO.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Madeiras disponíveis no comércio de Palmas-TO

Tabela 3 - Madeiras disponíveis no comércio de Palmas - TO

Madeiras disponíveis a venda no comércio da cidade de Palmas-TO				
Local	Peça	Dimensões (cm)	Valor (R\$/m)	Espécie
ON Madeiras	Tábua	2,5 x 10	5,32	Angelim Vermelho (Angelim pedra verdadeiro)
	Ripa	2 x 5	2,4	
	Caibro	5 x 4	4,76	
		5 x 6,5	8,25	
	Vigota	5 x 11	12,9	
		5 x 14	16,5	
		6 x 20	30	
		8 x 25	55	
Capital Madeiras	Ripa	2,5 x 4,5	3,5	
	Caibro	4,5 x 4	5,2	
	Vigota	4,5 x 10	11,85	
		4,5 x 12,5	13,46	
		4,5 x 14	15,8	
		5 x 20	29,84	
		8 x 30	58,9	

Fonte: Autora

Dados coletados no período de agosto de 2016, na qual o projeto será realizado com a espécie de madeira denominada Angelim pedra verdadeiro.

4.2 Propriedades mecânicas da madeira disponíveis em Palmas-TO

As propriedades mecânicas apresentadas na figura 15 foram obtidas do anexo E da norma NBR 7190/2010 aonde a espécie Angelim pedra verdadeiro possui as seguintes características.

Figura 15 - Recorte NBR 7190/2010 - Anexo E.1

Tabela E.1 - Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de florestamento

Nome comum (dicotiledôneas)	Nome científico	$\rho_{ap}^{(12\%)}$ ¹⁾ kg/m ³	f_{c0} ²⁾ MPa	f_{t0} ³⁾ MPa	f_{190} ⁴⁾ MPa	f_v ⁵⁾ MPa	E_{c0} ⁶⁾ MPa	⁷⁾ n
Angelim araroba	<i>Vataireopsis araroba</i>	688	50,5	69,2	3,1	7,1	12 876	15
Angelim ferro	<i>Hymenolobium spp</i>	1 170	79,5	117,8	3,7	11,8	20 827	20
Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	694	59,8	75,5	3,5	8,8	12 912	39
Angelim pedra verdadeiro	<i>Dinizia excelsa</i>	1 170	76,7	104,9	4,8	11,3	16 694	12

Fonte: NBR 7190 (2010)

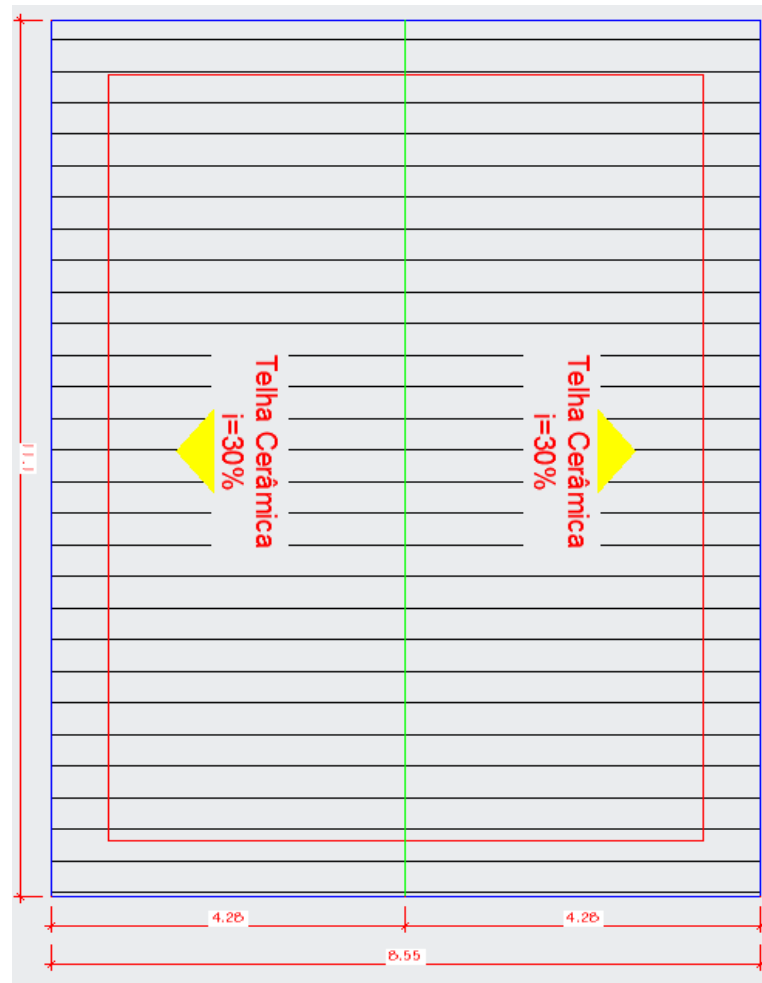
Valores médios de madeiras dicotiledôneas nativas e de reflorestamento, com os respectivos valores ρ_{ap} (massa específica aparente a 12% de umidade), f_{c0} (resistência à compressão paralela às fibras), f_{t0} (resistência à tração paralela às fibras), f_{190} (resistência à tração normal às fibras), f_v (resistência ao cisalhamento), E_{c0} (módulo de elasticidade longitudinal obtido no ensaio de compressão paralela às fibras) e n (número de corpos-de-prova ensaiados).

4.3 Ante-projeto

4.3.1 Dados

Os dados necessários ao projeto estarão descritos a seguir ressaltando que a estrutura de telhado treliçado a ser projetado é para uma habitação social do projeto Eco Vila, contudo o projeto arquitetônico já foi concluído pelo NEI (Núcleo de Empreendedorismo e Inovação) do CEULP/ULBRA (Centro Universitário Luterano de Palmas).

Figura 16 - Projeto de cobertura



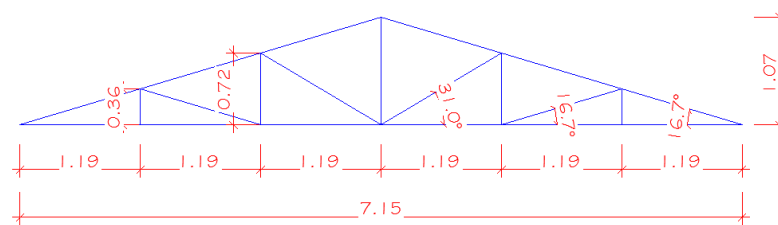
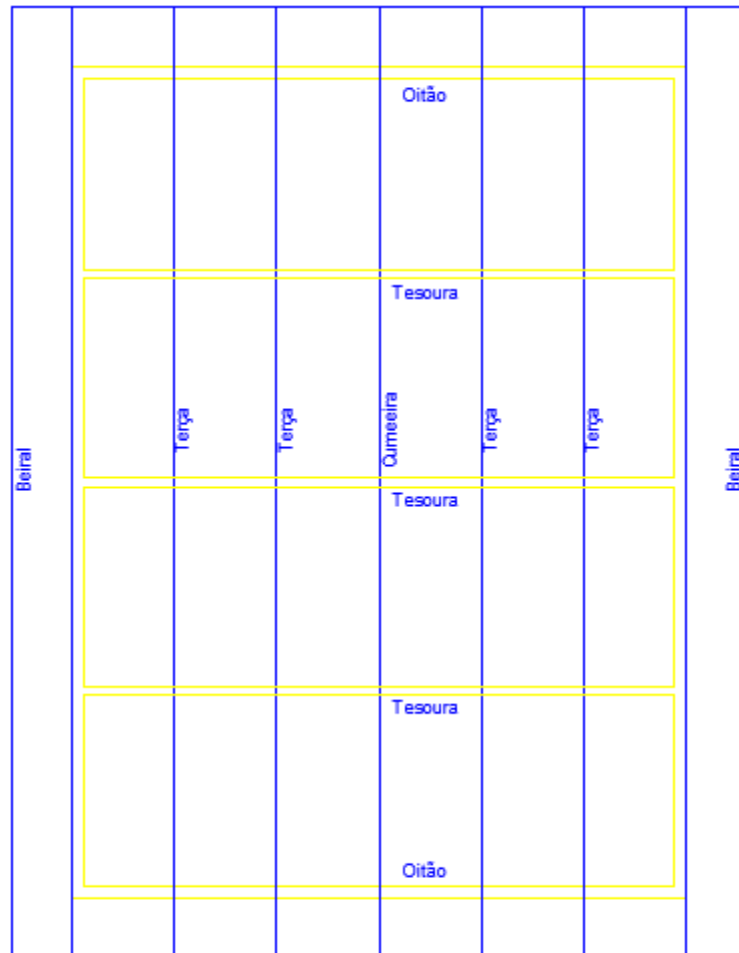
Fonte: Autora

A habitação possui aproximadamente 68m² de área construída, possui um pavimento somente e para adequar o telhado, a estrutura treliçada em madeira será em duas águas conforme a figura 16, terá uma inclinação de 30%, devido a telha cerâmica escolhida do modelo Plan, sendo a utilizada comumente e de fácil encontro no comércio da cidade de Palmas-TO, contudo as especificações da telha necessárias de galga, inclinação mínima, quantidade necessária por metro quadrado e peso por metro quadrado foram obtidas através de ligações aos comércios locais JL Meurer e Tábita Materiais de Construção que a vendem aonde informaram as mesmas características de inclinação mínima de 30%, galga de 39cm, quantidade de 32 telhas/m² e 38,4kgf/m².

A madeira a ser utilizada será da espécie Angelim Vermelho com características conforme descrito no item 4.2.

4.3.2 Esquema da estrutura do telhado

Figura 17 - Esquema estrutura do telhado e tesoura com unidades em metros



Vista transversal

Fonte: Autora

4.3.3 Cálculo das cargas unitárias

4.3.3.1 Carregamentos Permanentes

- Peso próprio da tesoura através da fórmula de Howe: $g_T = 0,0245 \times (1 + 0,33 \times 7,15) \approx 0,1 \text{ kN/m}^2$ (MOLITERNO, 2010).
- Terça: Adotou-se $0,07 \text{ kN/m}^2$ (MOLITERNO, 2010).
- Telhas: $0,38 \text{ kN/m}^2$
- Ripas: Adotou-se $0,02 \text{ kN/m}^2$ (MOLITERNO, 2010).
- Caibros: Adotou-se $0,05 \text{ kN/m}^2$ (MOLITERNO, 2010).
- Ligações: Conforme Junior (2010), o peso das ligações em estruturas de madeira assume um valor em média de $3,30 \text{ kgf/m}^2$ ou $0,03 \text{ kN/m}^2$.
- Absorção de água pela telha cerâmica conforme vendedores das mesmas é de $12\% = 0,12 \times 0,38 = 0,05 \text{ kN/m}^2$

Tabela 4 - Cargas permanentes

Carregamentos permanentes	Valor	Unidade
Peso próprio da tesoura	10	kgf/m ²
	0,1	kN/m ²
Peso próprio da terça	7	kgf/m ²
	0,07	kN/m ²
Peso próprio da telha	38,4	kgf/m ²
	0,384	kN/m ²
Peso próprio das ripas	2	kgf/m ²
	0,02	kN/m ²
Peso próprio das ligações	3,30	kgf/m ²
	0,03	kN/m ²
Peso próprio dos caibros	5	kgf/m ²
	0,05	kN/m ²
Absorção de água pela telha cerâmica	5	kgf/m ²
	0,05	kN/m ²
Ação permanente total	70,7	kgf/m²
	0,707	kN/m²

Fonte: Autora

4.3.3.2 Carregamentos variáveis

As cargas variáveis consistiram em somente duas sobrecargas e ação dos ventos. A sobrecarga será considerada no cálculo das terças conforme NBR 6120:1980 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações aonde será aplicada uma carga de 1kN aplicada na posição mais desfavorável, sendo nessa situação, no meio do vão da terça.

Para completar as cargas variáveis existentes para essa habitação, é necessário calcular a força devido à ação dos ventos na qual é regulamentada pela NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações, sendo que foi utilizado o programa Visual Ventos conforme figuras abaixo.

Figura 18 - Inserção de dados primeira etapa do programa Visual Ventos

VisualVentos

Geometria

Dimensões

Medidas

b 7,15 m a 9,70 m h 3,50 m Distância entre pórticos p 2,38 m

b1 3,58 m a1 2,42 m h1 1,07 m

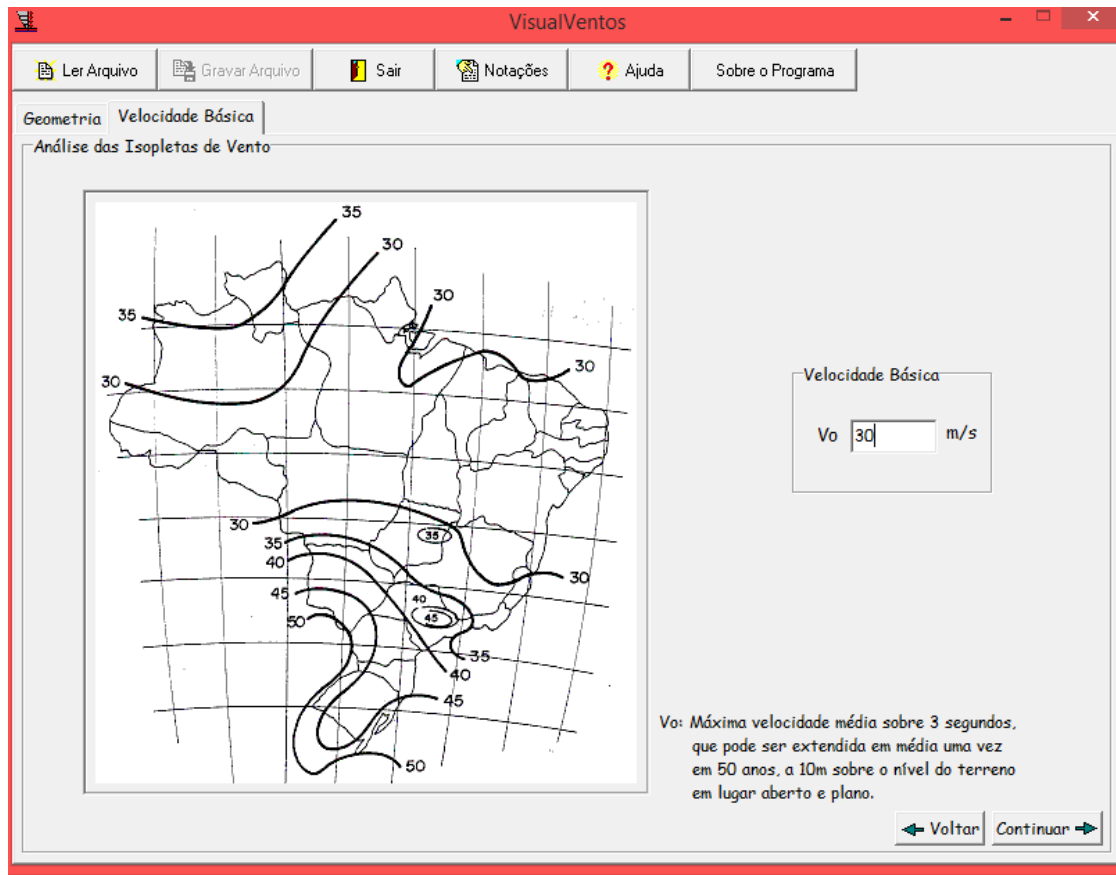
β 16,66 °

Área das aberturas

Face	Fixa	Móvel
A1	0 m ²	1,68 m ²
A2	0 m ²	1,90 m ²
A3	0 m ²	1,90 m ²
B1	0 m ²	0 m ²
B2	0 m ²	2 m ²
B3	0 m ²	0 m ²
C1	0 m ²	1,5 m ²
C2	0 m ²	1,5 m ²
b1	0 m ²	2,88 m ²
D2	0 m ²	1,5 m ²

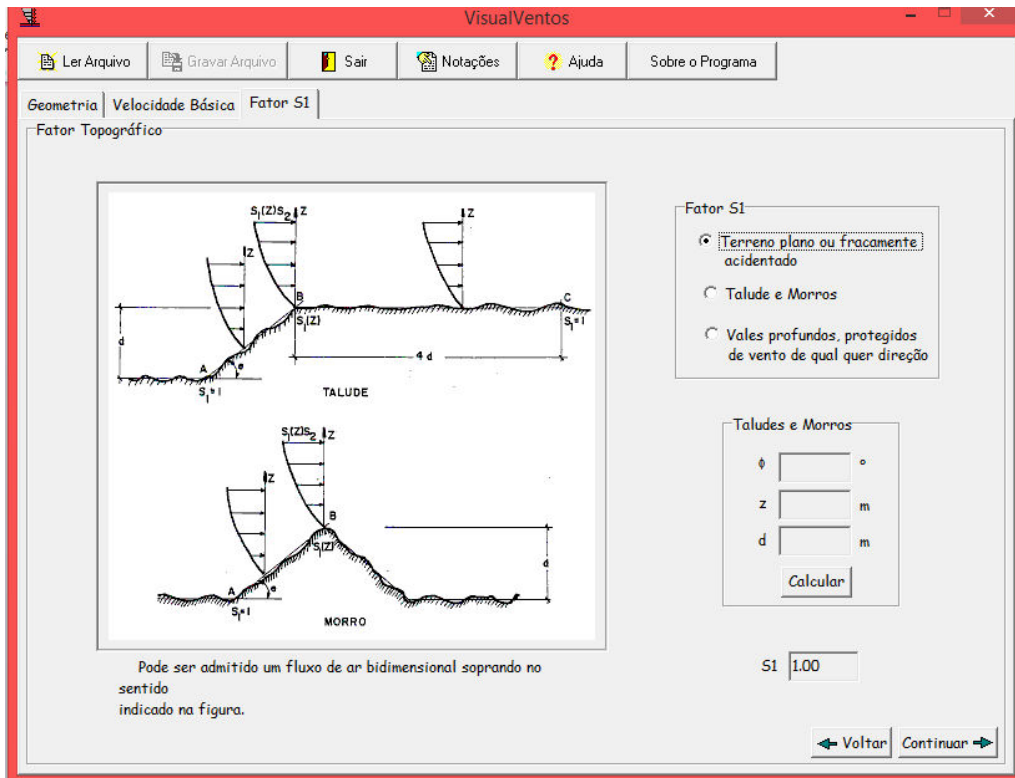
Fonte: Autora

Figura 19 - Análise das isopletas de vento



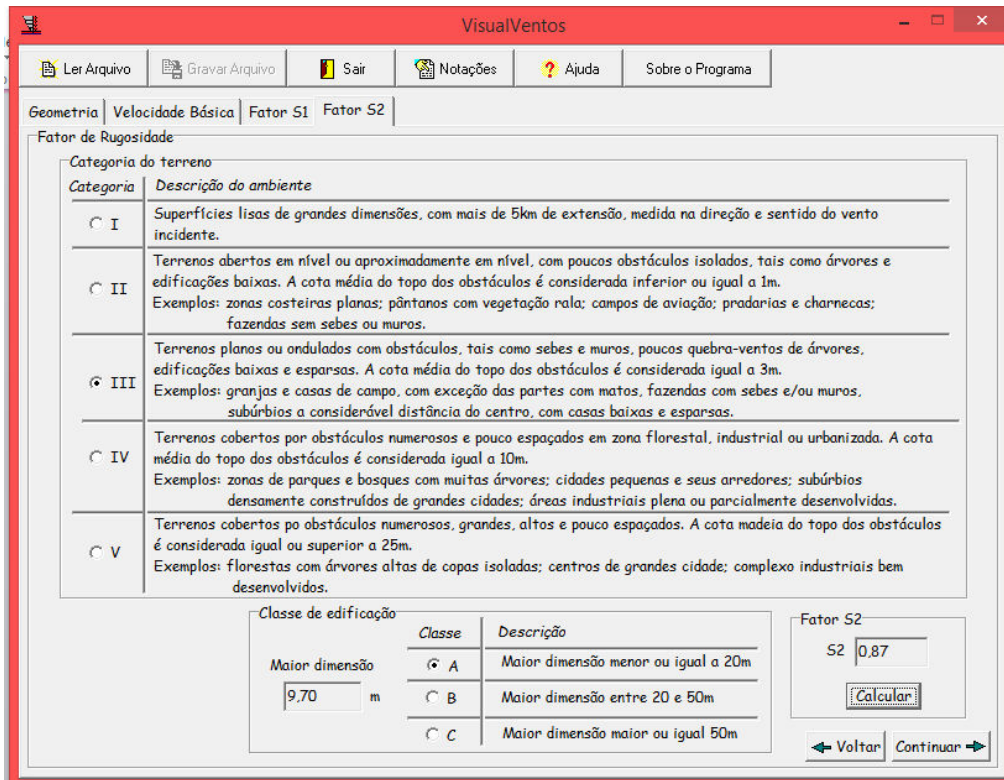
Fonte: Autora

Figura 20 - Determinação do fator S1



Fonte: Autora

Figura 21 - Determinação do fator S2



Fonte: Autora

Figura 22 - Determinação do fator S3

VisualVentos

Ler Arquivo Gravar Arquivo Sair Notações Ajuda Sobre o Programa

Geometria Velocidade Básica Fator S1 Fator S2 Fator S3

Fator Estático

Fator S3

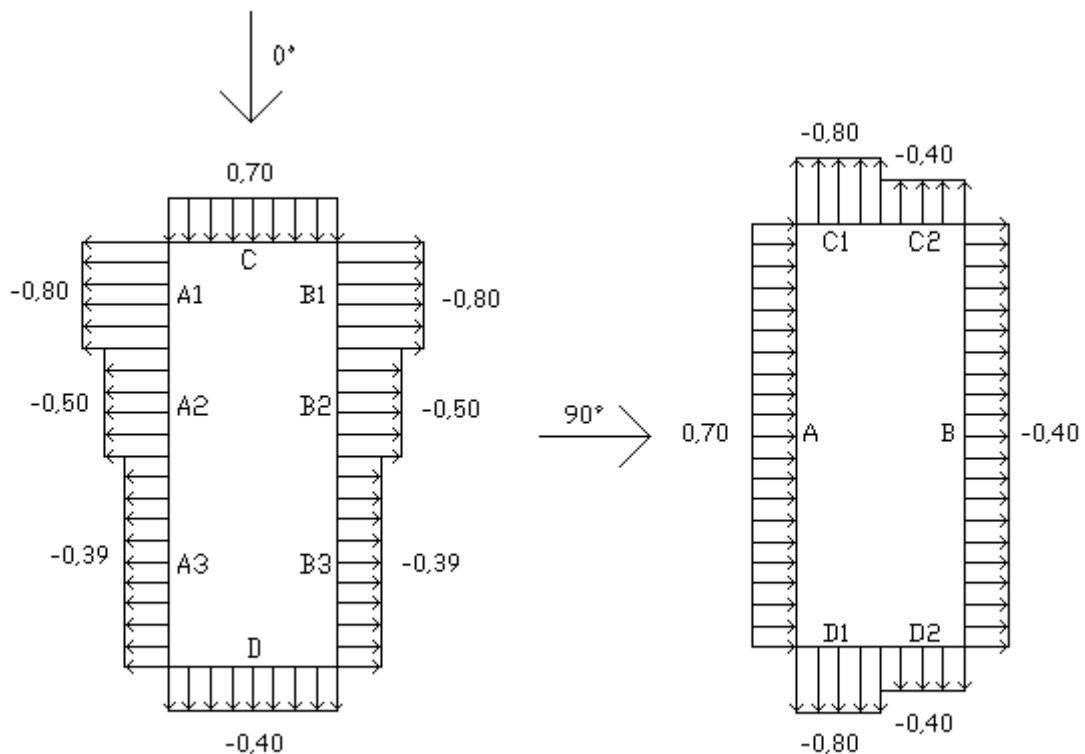
Grupo	Descrição
<input type="radio"/> 1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros, centrais de comunicação, etc)
<input checked="" type="radio"/> 2	Edificações para hotéis e residências, Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação
<input type="radio"/> 3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc)
<input type="radio"/> 4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc)
<input type="radio"/> 5	Edificações temporárias, Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção

S3 1,00

Voltar Continuar

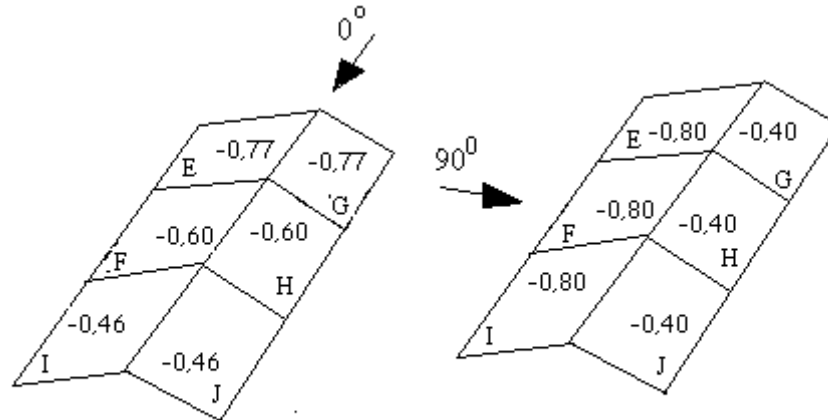
Fonte: Autora

Figura 23 – Ação externa do vento a 0° e a 90°



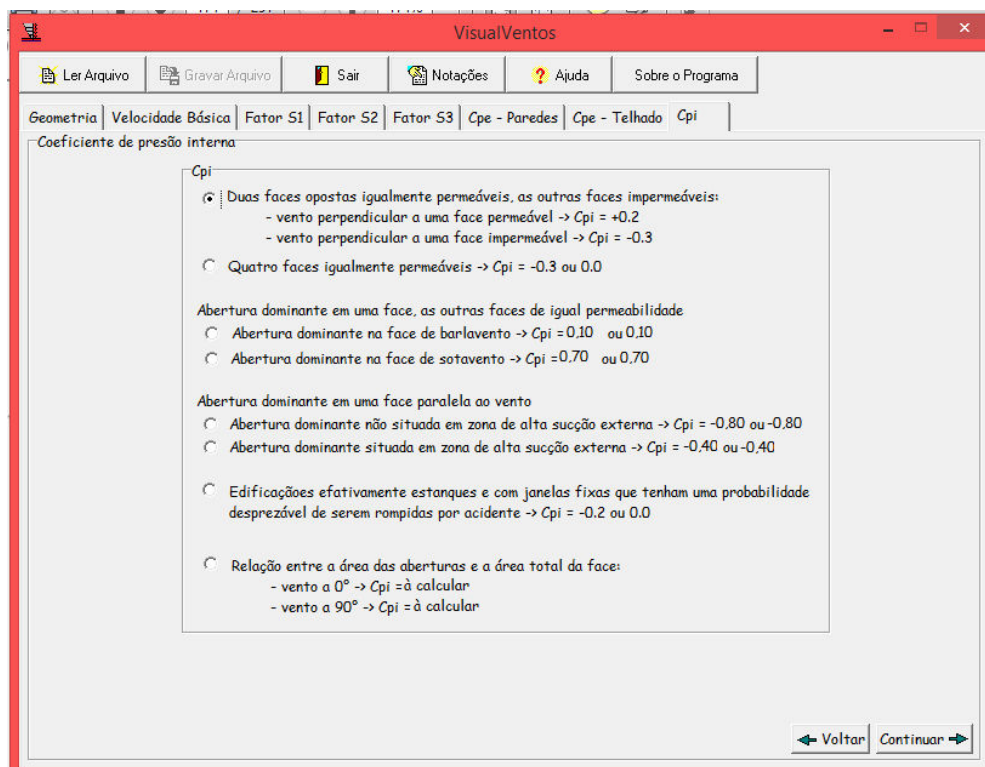
Fonte: Autora

Figura 24 - Ação externa do vento no telhado a 0° e a 90°



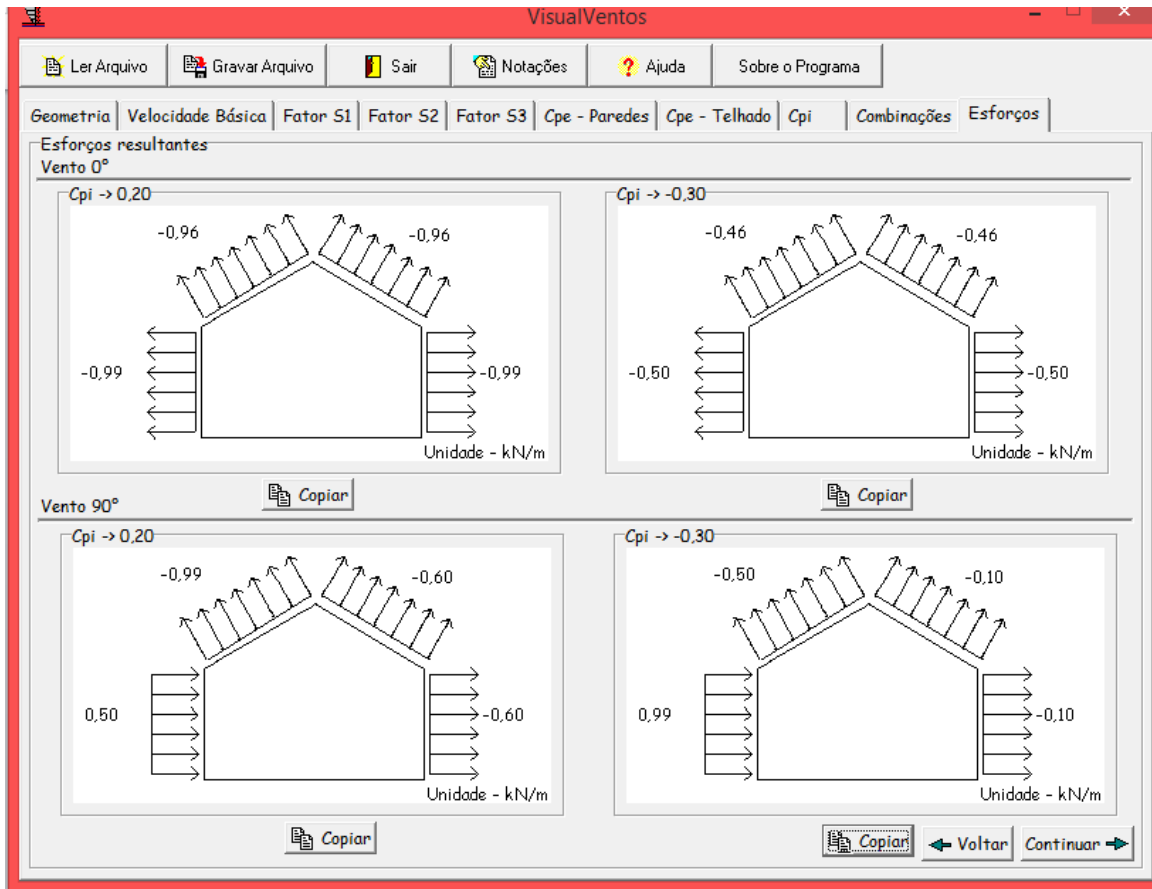
Fonte: Autora

Figura 25 - Determinação do coeficiente de pressão interna



Fonte: Autora

Figura 26 - Esforços resultantes



Fonte: Autora

Tabela 5 – Resumo carregamentos variáveis de vento.

Carregamentos variáveis de vento	Valor	Unidade
Vento a 0°	9,6	kgf/m ²
	0,96	kN/m ²
Vento a 90° à esquerda	9,9	kgf/m ²
	0,99	kN/m ²
Vento a 90° à direita	6	kgf/m ²
	0,60	kN/m ²

Fonte: Autora

4.3.4 Dimensionamento das peças

4.3.4.1 Ripas e caibros

Para as ripas e caibros serão adotados as seguintes dimensões comerciais sendo 2x5 cm e 5x6,5 cm respectivamente referenciando a Moliterno (2010) na qual há um exemplo de cálculo com uma situação mais desfavorável que a deste trabalho e obtidos seções de ripas e caibros inferiores porém bem próximas as adotadas.

4.3.4.2 Terças

O dimensionamento da terça será feito considerando-se a ocorrência de flexão simples em uma viga biapoiada, cujo comprimento corresponde a distância entre treliças que é de 2,38m.

As ações exercidas na terça são as permanentes de peso próprio da terça, dos caibros, das ripas e das telhas e as variáveis são as de vento e sobrecarga. Porém a ação variável do vento será desconsiderada devida sua ação ser favorável à estrutura, pois age de sentido contrário as outras forças de maiores intensidade que agem no sentido da gravidade. Portanto se este valor fosse considerado ele poderia reduzir as dimensões das peças a seres calculadas.

As cargas permanentes dos caibros, das ripas e das telhas totalizam 50,4kgf/m² a maior área de influencia das terças são as que não se localizam nas extremidades, portanto usaremos essa condição por ser a com maior solicitação aonde tem $2,38\text{m} \times 0,60\text{m} = 1,43^2 \times 50,4\text{kgf/m}^2$ totalizando 0,72kN advindo de cada caibro na terça.

- Estados Limites Últimos

Para o dimensionamento da terça foram adotadas as indicações propostas no livro Estruturas de madeira (2003) que se baseia na ABNT N8R 7190:1997, como segue:

Coeficientes de Ponderação das Solicitações

Estados Limites Últimos - Combinações últimas normais

a) Ações Permanentes

Efeito desfavorável: $\gamma=1,4$

b) Ações Variáveis

Efeito de ações em geral: $\gamma=1,4$

Coeficientes de modificação serão utilizados conforme equação 4

$$K_{\text{mod}1} = 0,7$$

$$K_{\text{mod}2} = 1,0$$

$$K_{\text{mod}3} = 0,8$$

$$K_{\text{mod}} = 0,7 \times 1,0 \times 0,8 = 0,56$$

Coeficientes de ponderação da resistência serão utilizados na equação 3

a) Tração Paralela às Fibras $\gamma=1,8$

b) Compressão Paralela às Fibras $\gamma=1,4$

c) Cisalhamento Paralelo às Fibras $\gamma=1,8$

Para os estados limites de utilização adota-se o seguinte valor básico $\gamma= 1,0$

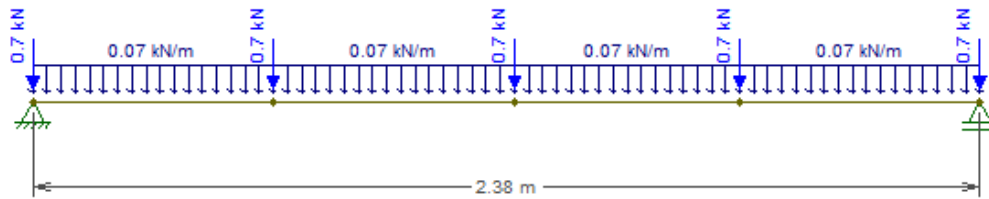
- Cálculo dos esforços internos

a) Momento fletor:

Conforme equação 1:

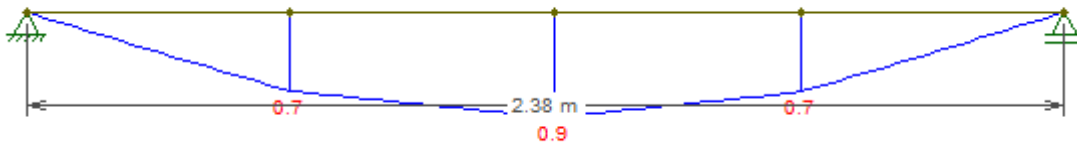
$M_d = 1,4 \times M$ (Momento máximo da carga permanente) + $1,4 \times$ (Momento máximo da carga variável de sobrecarga).

Figura 27 - Cargas permanentes utilizando programa Ftool



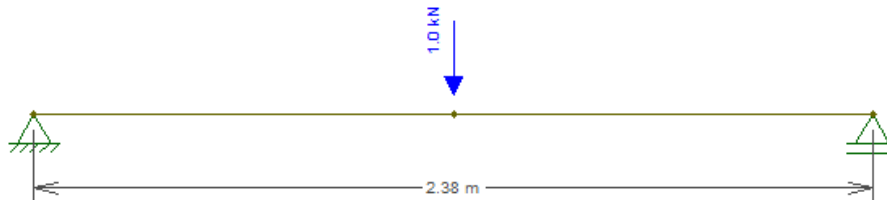
Fonte: Autora

Figura 28 – Gráfico momento fletor das cargas permanentes pelo programa Ftool



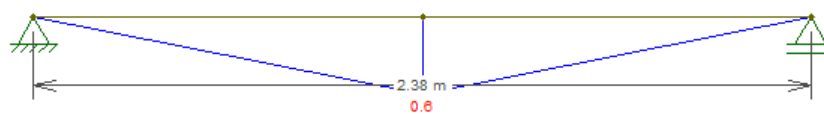
Fonte: Autora

Figura 29 - Cargas variáveis utilizando programa Ftool



Fonte: Autora

Figura 30 - Gráfico de momento fletor cargas variáveis pelo programa Ftool



Fonte: Autora

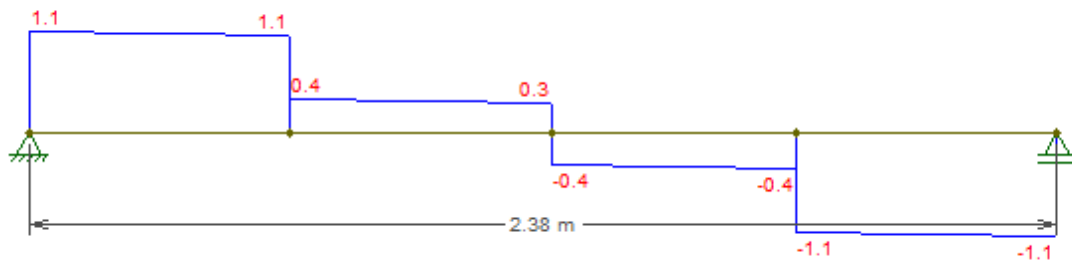
$$M_d = 1,4 \times 0,9 + 1,4 \times 0,6 = 2,10 \text{ kN.m}$$

b) Esforço cortante

Conforme equação 1:

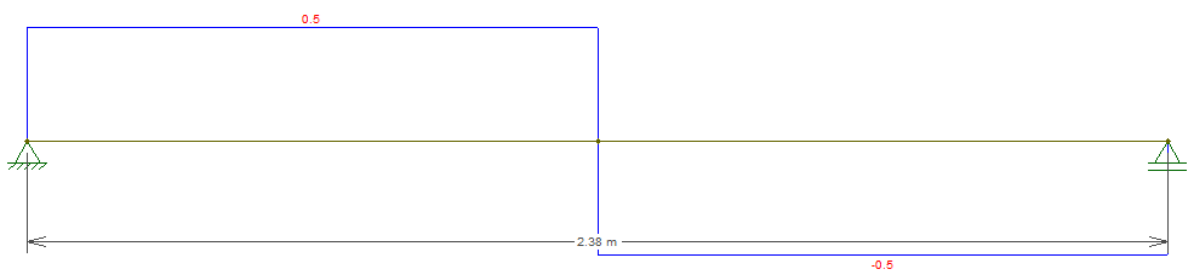
$V_d = 1,4 \times V$ (Esforço cortante máximo da carga permanente) + $1,4 \times$ (Esforço cortante máximo da carga variável de sobrecarga).

Figura 31 - Gráfico esforço cortante das cargas permanentes utilizando programa Ftool



Fonte: Autora

Figura 32 - Gráfico esforço cortante das cargas variáveis utilizando programa Ftool



Fonte: Autora

$$V_d = 1,4 \times 1,1 + 1,4 \times 0,5 = 2,24 \text{ kN}$$

A NBR 7190:2010, admite utilizar o esforço cortante há distância de duas vezes a altura da peça considerada, porém observando o gráfico esse valor não tem

uma alteração significativa em relação ao cortante máximo, portanto será utilizado o valor do esforço cortante máximo.

c) Verificação da tensão normal

Adotando seção de 4,5 x 10 cm

$$I = b \times h^3 / 12$$

Onde: b = base; h = altura.

$$I = 4,5 \times 10^3 / 12 = 375 \text{cm}^4$$

$$\sigma = M / I \times h / 2$$

Onde: M = momento fletor; I = Momento de inércia; h = altura.

$$\sigma = 210 / 375 \times 10 / 2 = 2,80 \text{ kN/cm}^2$$

Resistência de cálculo de compressão e tração paralela às fibras conforme equação 3.

Compressão

$$R_d = 0,56 \times 7,67 / 1,4 = 3,07 \text{ kN/cm}^2$$

Tração

$$R_d = 0,56 \times 10,49 / 1,8 = 3,26 \text{ kN/cm}^2$$

Condição satisfeita, pois a resistência de cálculo é superior à solicitação de projeto ($\sigma = 2,80 \text{ kN/cm}^2 < R_d = 3,07 \text{ kN/cm}^2$).

d) Verificação das tensões tangenciais

Adotando seção de 4,5 x 10 cm

$$\tau = 1,5 \times 2,24 / (4,5 \times 10) = 0,07 \text{ kN/cm}^2$$

Resistência de cálculo de cisalhamento conforme equação 3

$$R_d = 0,56 \times 1,13 / 1,8 = 0,35 \text{ kN/cm}^2$$

Condição satisfeita, pois a resistência de cálculo é superior a solicitação de projeto ($T = 0,07 \text{ kN/cm}^2 < R_d = 0,35 \text{ kN/cm}^2$). Portanto seção da terça aprovada.

4.3.4.3 Treliça

As ações exercidas na treliça são todas as permanentes apresentadas no item 4.3.3.1 ressaltando que a única carga que seria distribuída seria a de peso próprio da tesoura para tanto iremos considerar ela pontual juntamente com as advindas das terças, pois ela tem um valor pequeno relacionado as outras e para simplificação de cálculo e as variáveis são as de vento e sobrecarga. Porém a ação variável do vento será desconsiderada devida sua ação ser favorável à estrutura e as cargas de sobrecarga serão consideradas sobre os nós para simplificação dos cálculos.

Será adotado que as terças se apoiaram exatamente nos nós da treliça para uma melhor distribuição das cargas pontuais advindas delas, outra condição adotada são os apoios de primeiro e segundo gênero por serem o mínimo necessário e a adoção de todos os nós rotulados, para uma simplificação dos cálculos.

A área de influência a ser adotada para cálculo da carga permanente a ser aplicada é de 1,20m x 2,38m para as cargas não localizadas nas extremidades e 0,60m x 2,38m nas das extremidades.

Ressaltamos também que todas as tesouras possuem as mesmas cargas portanto todas terão as mesmas dimensões de todos os seus componentes.

- Estados Limites Últimos

Para o dimensionamento da treliça foram adotadas as indicações propostas no livro Estruturas de Madeira (2003) que se baseia na ABNT NBR 7190:1997, como segue:

Coeficientes de Ponderação das Solicitações

Estados Limites Últimos - Combinações últimas normais

a) Ações Permanentes

Efeito desfavorável: $\gamma=1,4$

b) Ações Variáveis

Efeito de ações em geral: $\gamma=1,4$

Coeficientes de modificação conforme equação 4

$$K_{\text{mod}1} = 0,7$$

$$K_{\text{mod}2} = 1,0$$

$$K_{\text{mod}3} = 0,8$$

$$K_{\text{mod}} = 0,7 \times 1,0 \times 0,8 = 0,56$$

Coeficientes de ponderação da resistência utilizados na equação 3

a) Tração Paralela às Fibras $\gamma=1,8$

b) Compressão Paralela às Fibras $\gamma=1,4$

c) Cisalhamento Paralelo às Fibras $\gamma=1,8$

Para os estados limites de utilização adota-se o seguinte valor básico $\gamma= 1,0$

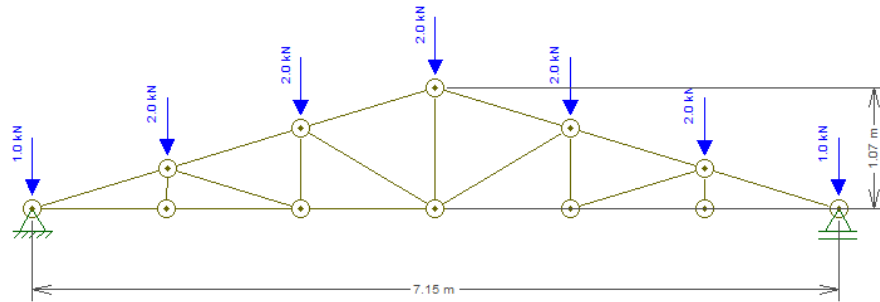
- Cálculo dos esforços internos

a) Esforços normais

Conforme equação 1.

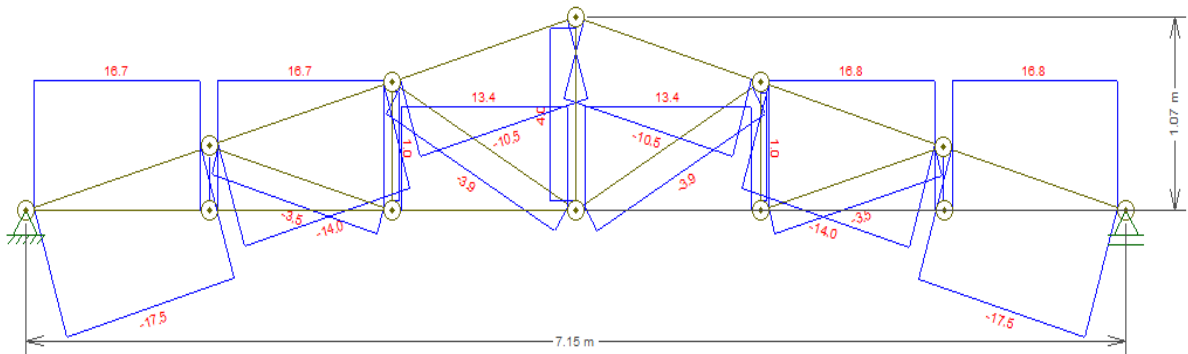
$N_d = 1,4 \times N$ (Esforços normais da carga permanente) + $1,4 \times$ (Esforços normais da carga variável de sobrecarga).

Figura 33 - Cargas permanentes na tesoura utilizando o programa Ftool



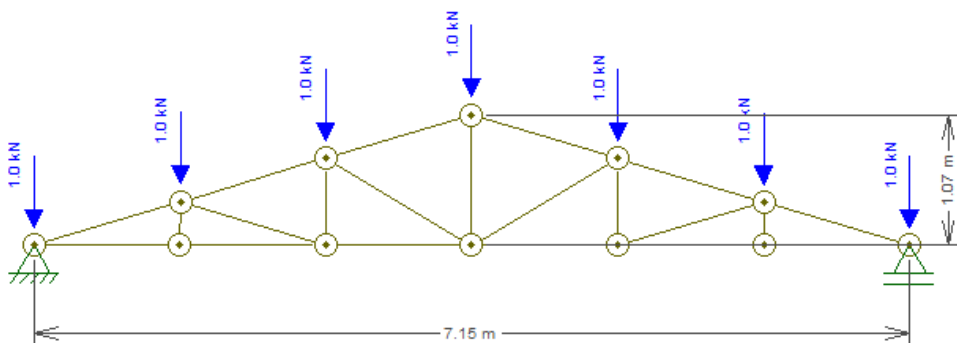
Fonte: Autora

Figura 34 - Gráfico de esforços normais das cargas permanentes obtidos pelo programa Ftool em kN



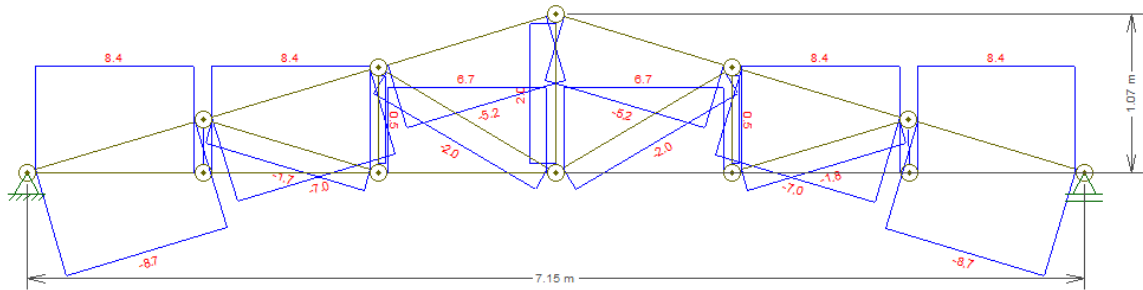
Fonte: Autora

Figura 35 - Cargas acidentais utilizando o programa Ftool



Fonte: Autora

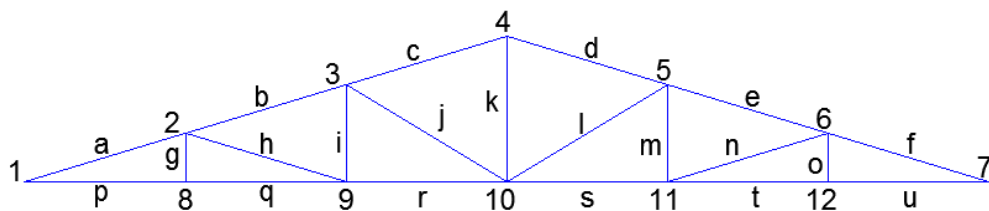
Figura 36 - Gráfico de esforços normais das cargas variáveis utilizando o programa Ftool



Fonte: Autora

Para cada barra será calculado os esforços normais de solicitação resultantes a partir da soma da resultante das multiplicações das cargas variáveis e permanentes com seus coeficientes de segurança, para isso utilizaremos da nomenclatura abaixo para na tabela seguinte demonstrar as resultantes de cada barra.

Figura 37 - Nomenclatura para nós e barras



Fonte: Autora

Tabela 6 - Resultantes dos esforços normais em cada barra da tesoura

Esforços normais resultantes em cada barra		
Barra	Compressão (kN)	Tração (kN)
A	-36,68	
B	-29,40	
C	-21,98	
D	-21,98	
E	-29,40	
F	-36,68	
G	0,00	0,00
H	-7,28	
I		2,10
J	-8,26	
K		8,40
L	-8,26	
M		2,10
N	-7,42	
O	0,00	0,00
P		35,14
Q		35,14
R		28,14
S		28,14
T		35,28
U		35,28

Fonte: Autora

Com as resultantes das solicitações podem-se calcular as seções necessárias, contudo para um aspecto estético e facilidade de compra será padronizado uma única dimensão para todas as barras que compõem o banzo superior às barras de “a” até “f”, outra dimensão para as barras do banzo inferior sendo as barras de “p” até “u”, outra dimensão para os pendurais secundários sendo eles as barras “g”, “i”, “m” e “o”, outra dimensão para as diagonais sendo elas “h”, “j”, “l”, “n” e outra para o pendural principal “k”, ressaltando que se possível será utilizada mesma dimensão dentre esses grupos.

Como já calculado anteriormente as resistências de cálculo de compressão e tração paralela às fibras são conforme a equação 3:

Compressão

$$R_d = 0,56 \times 7,67 / 1,4 = 3,07 \text{ kN/cm}^2$$

Tração

$$R_d = 0,56 \times 10,49 / 1,8 = 3,26 \text{ kN/cm}^2$$

- Banzo superior

A maior solicitação é de -36,68kN (compressão)

$$\text{Área necessária é de } 36,68\text{kN} / 3,07\text{kN/cm}^2 = 12\text{cm}^2$$

Adotada a peça de 5 x 11 cm

- Banzo inferior

A maior solicitação é de 35,28kN (tração)

$$\text{Área necessária é de } 35,28\text{kN} / 3,26\text{kN/cm}^2 = 10,82\text{cm}^2$$

Adotada a peça de 5 x 11 cm

- Pendurais secundários

A maior solicitação é de 2,10kN (tração)

$$\text{Área necessária é de } 2,10\text{kN} / 3,26\text{kN/cm}^2 = 0,64\text{cm}^2$$

Adotada 2 peças de 10 x 2,5 cm

- Pendural central

A solicitação é de 8,40kN (tração)

$$\text{Área necessária é de } 8,40\text{kN} / 3,26\text{kN/cm}^2 = 2,58\text{cm}^2$$

Adotada a peça de 5 x 11 cm

- Diagonais

A maior solicitação é de -8,26kN (compressão)

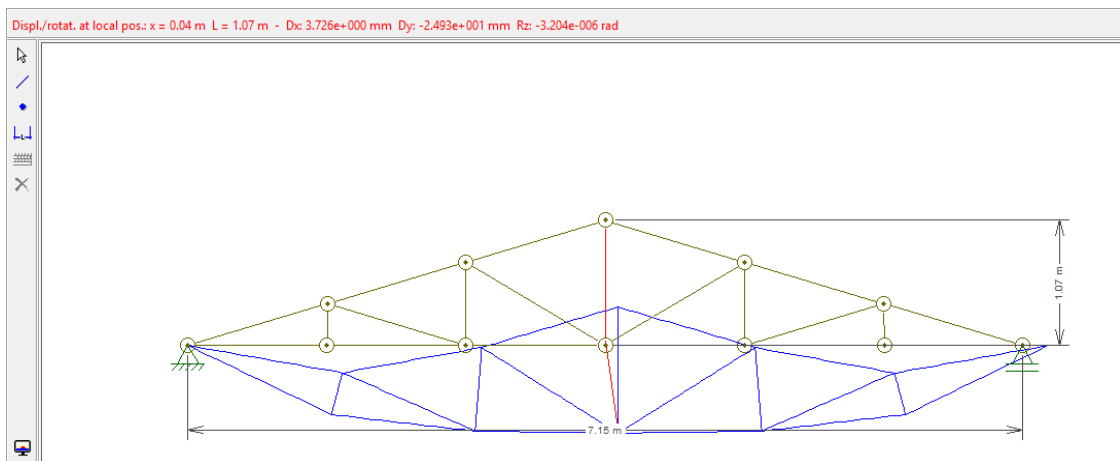
$$\text{Área necessária é de } -8,26\text{kN} / 3,26\text{kN/cm}^2 = 2,53\text{cm}^2$$

Adotada a peça de 5 x 6,5 cm

- Verificação do deslocamento limite pelo método do Estalo Limite de Utilização

Pela NBR 7190/2010 para construções correntes com ações permanentes e variáveis, em vão entre apoios a flecha limite é de $l/200$ e os deslocamentos obtidos através da utilização do programa Ftool foram:

Figura 38 - Gráfico de deslocamentos pelo programa Ftool



Fonte: Autora

Contudo o deslocamento máximo a ser comparado com o limite é do nó central aonde o obtido foi de 3,72mm e o limite é $7150/200 = 35,75\text{mm}$, portanto condição aceita.

Contudo para uma aprovação final a necessidade da conferência do valor do peso próprio da treliça utilizado está dentro do calculado, o utilizado foi de $0,1\text{kN/m}^2$ a área de influência total da tesoura é de $17,14\text{m}^2$ totalizando $17,14\text{kN}$ a carga da treliça prevista real é o resultado da multiplicação do volume total de $0,12\text{m}^3$ da madeira necessária pela massa específica de 1170 kg/m^3 totalizando $140,20\text{kg} \times 10 = 1400,0\text{kgf}$ ou 14kN , portanto aprovada as dimensões da treliça.

4.3.5 Dimensionamento das ligações

As ligações foram definidas a partir dos critérios de facilidade de execução e não impedimento ao giro, portanto não existirá ação do momento fletor para ser condizente aos cálculos das reações realizados anteriormente.

4.3.5.1 Resistências de cálculo da madeira

- Resistências características

$$f_{c,0} = 76,7 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90} = \text{De acordo com a NBR 7190/2010 } f_{c,90}/f_{c,0} = 0,25, \text{ portanto } f_{c,90} = 19,18 \text{ MPa}$$

$$f_v = 11,3 \text{ MPa}$$

- Resistências de cálculo conforme equação 3

$$f_{c0,d} = 0,56 \times 76,7 / 1,4 = 30,68 \text{ MPa}$$

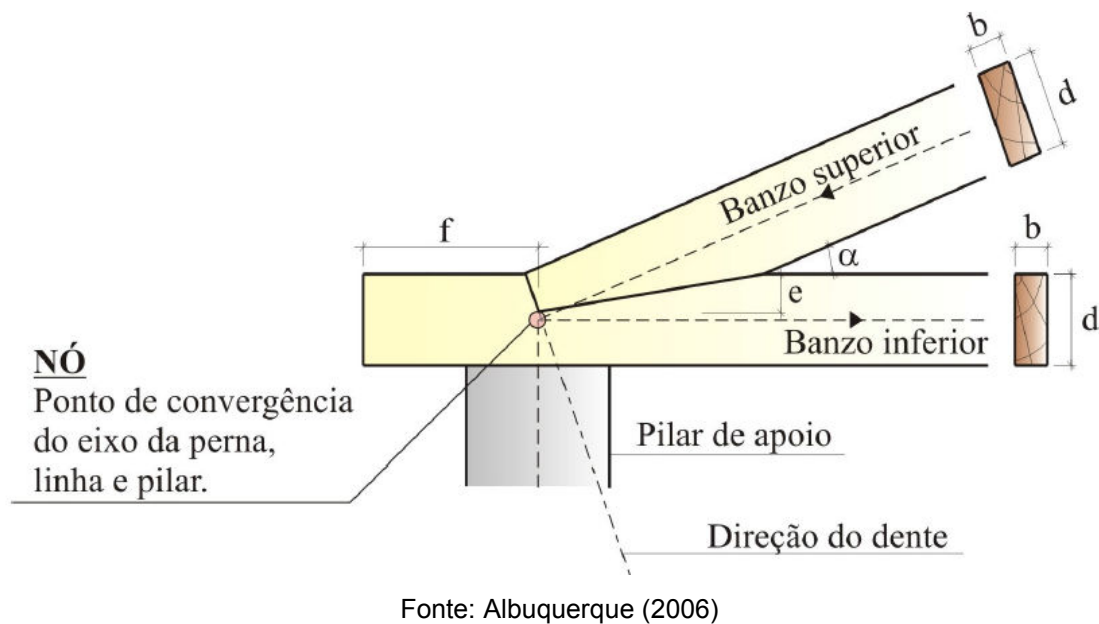
$$f_{c90,d} = 0,56 \times 19,18 / 1,4 = 7,67 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 0,56 \times 11,3 / 1,8 = 3,52 \text{ MPa}$$

4.3.5.2 Cálculo das ligações

- Nó 01 e Nó 07 – Ligação do banzo superior e banzo inferior – Ligação por entalhe

Figura 39 - Esquema de ligação por entalhe do banzo superior e banzo inferior



a) Esforço normal atuante

$$N_d = -36,68 \text{ kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha, d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 16,7^\circ) + (7,67 \times \cos^2 16,7^\circ)) = 24,59 \text{ MPa}$$

$$e \geq (36.680 \times \cos 16,7^\circ) / (24,59 \times 50) = 27,5 \text{ mm} - \text{Adotar.: } 28 \text{ mm}$$

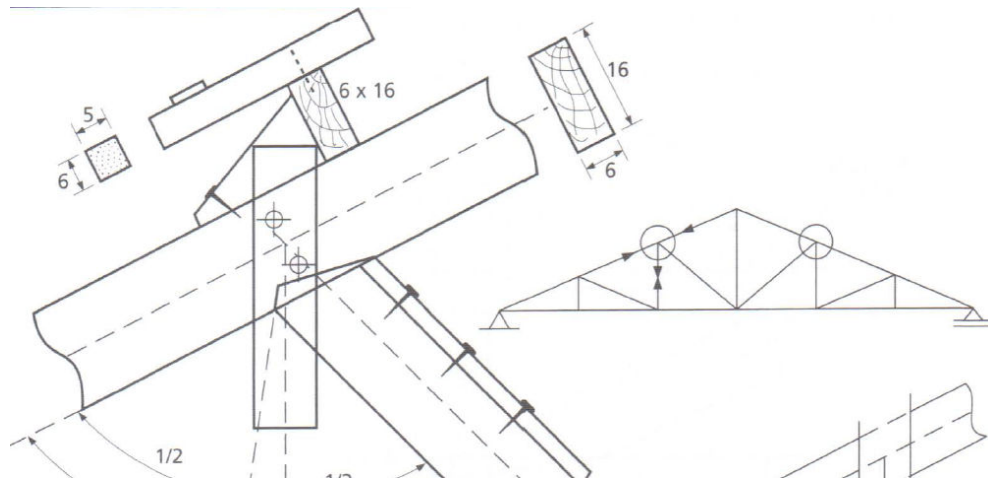
Verificar limite: $110/8 \leq e \leq 110/4 = 13,75 \text{ mm} \leq e \leq 28,5 \text{ mm}$ - Está dentro do limite.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (36.680 \times \cos 16,7^\circ) / (50 \times 3,52) = 119,6 \text{ mm} - \text{Adotar.: } 20 \text{ cm}$$

- Nó 02, Nó 03, Nó 05, Nó 06, Nó 08, Nó 09, Nó 11 e Nó 12 – Ligação do banzo superior e pendural.

Figura 40 - Esquema da ligação do banzo superior e pendural



Fonte: Moliterno (2010)

As cargas de esforços normais nos pendurais secundários são praticamente nulas, adotaremos conforme Moliterno (2010) uma ligação através de parafusos passantes do tipo francês, sendo necessário somente 02 para cada ligação com diâmetro de 5/8”.

- Nó 02 e Nó 06 – Ligação do banzo superior e diagonal – Ligação por entalhe

a) Esforço normal atuante

$$N_d = -7,42 \text{ kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha,d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 33,4^\circ) + (7,67 \times \cos^2 33,4^\circ)) = 16,07 \text{ MPa}$$

$$e \geq (7.420 \times \cos 33,4^\circ) / (16,07 \times 50) = 7,71 \text{ mm} - \text{Adotar.: } 14 \text{ mm}$$

Verificar limite: $110/8 \leq e \leq 110/4 = 13,75 \text{ mm} \leq e \leq 28,5 \text{ mm}$ - Está dentro do limite a altura adotada.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (7.420 \times \cos 33,4^\circ) / (50 \times 3,52) = 35,2\text{mm} - \text{Adotar.: } 4\text{cm}$$

- Nó 03 e Nó 05 – Ligação do banzo superior e diagonal – Ligação por entalhe

a) Esforço normal atuante

$$N_d = -8,26\text{kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha,d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 47,7^\circ) + (7,67 \times \cos^2 47,7^\circ)) = 11,62\text{MPa}$$

$$e \geq (8.260 \times \cos 47,7^\circ) / (11,62 \times 50) = 9,57\text{mm} - \text{Adotar.: } 14\text{mm}$$

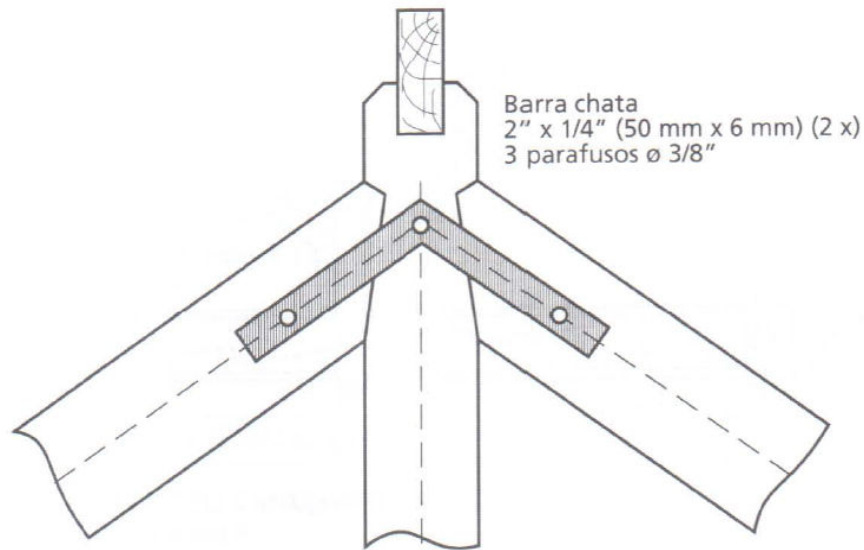
Verificar limite: $110/8 \leq e \leq 110/4 = 13,75\text{mm} \leq e \leq 28,5\text{mm}$ - Está dentro do limite a altura adotada.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (8.260 \times \cos 47,7^\circ) / (50 \times 3,52) = 31,58\text{mm} - \text{Adotar.: } 4\text{cm}$$

- Nó 04 – Ligação do banzo superior e pendural central – Ligação por entalhe

Figura 41 - Esquema ligação por entalhe do banzo superior e pendural principal



Fonte: Moliterno (2010)

a) Esforço normal atuante

$$N_d = -21,98 \text{ kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha,d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 73,3^\circ) + (7,67 \times \cos^2 73,3^\circ)) = 8,18 \text{ MPa}$$

$$e \geq (21.980 \times \cos 73,3^\circ) / (8,18 \times 50) = 15,44 \text{ mm} - \text{Adotar.: } 16 \text{ mm}$$

Verificar limite: $(110/8)/2 \leq e \leq (110/4)/2 = 6,875 \text{ mm} \leq e \leq 13,75 \text{ mm}$ – Não aprovado, pois não está dentro do limite. Como solução será modificada as dimensões da peça de 5x11cm para 5x14cm.

Novo limite: $(140/8)/2 \leq e \leq (140/4)/2 = 8,75 \text{ mm} \leq e \leq 17,5 \text{ mm}$ - Está dentro do limite a altura adotada.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (21.980 \times \cos 73,3^\circ) / (50 \times 3,52) = 36\text{mm}$$

Para travamento será utilizada uma barra chata de 2" x 1/4" (50mm x 6mm) com 3 parafusos de diâmetro de 3/8" conforme adotado por Moliterno (2010).

- Nó 09 e Nó 11 – Ligação do banzo inferior e diagonal – Ligação por entalhe

a) Esforço normal atuante

$$N_d = -7,42\text{kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha,d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 16,7^\circ) + (7,67 \times \cos^2 16,7^\circ)) = 24,91\text{MPa}$$

$$e \geq (7.420 \times \cos 16,7^\circ) / (24,91 \times 50) = 5,71\text{mm} - \text{Adotar.: } 14\text{mm}$$

Verificar limite: $110/8 \leq e \leq 110/4 = 13,75\text{mm} \leq e \leq 28,5\text{mm}$ - Está dentro do limite a altura adotada.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (7.420 \times \cos 16,7^\circ) / (50 \times 3,52) = 40,38\text{mm} - \text{Adotar.: } 5\text{cm}$$

- Nó 10 – Ligação do banzo inferior e pendural central – Ligação por entalhe

a) Esforço normal atuante

$$N_d = -8,26\text{kN}$$

b) Cálculo da altura do dente conforme equação 5, 6 e 7

$$f_{\alpha,d} = (30,68 \times 7,67) / ((30,68 \times \sin^2 59^\circ) + (7,67 \times \cos^2 59^\circ)) = 12,47\text{MPa}$$

$$e \geq (8260 \times \cos 59^\circ) / (12,47 \times 50) = 6,82\text{mm} - \text{Adotar.: } 10\text{mm}$$

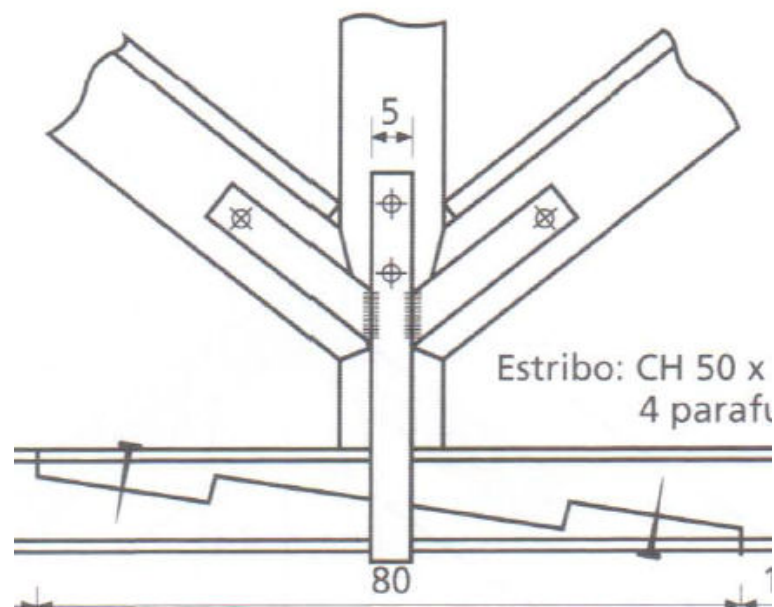
Verificar limite: $(140/8)/2 \leq e \leq (140/4)/2 = 8,75\text{mm} \leq e \leq 17,5\text{mm}$ - Está dentro do limite a altura adotada.

c) Folga necessária conforme equação 8

$$f \geq (8.260 \times \cos 59^\circ) / (50 \times 3,52) = 24,17\text{mm}$$

Para travamento será utilizada uma barra chata de 2" X 1/4" e parafusos com diâmetro de 3/8" para fixação conforme imagem abaixo.

Figura 42 - Esquema peças metálicas de enrijecimento da ligação



Fonte: Moliterno (2010)

4.4 Projeto executivo

Consiste no lançamento dos dados obtidos em um projeto com detalhamento para que seja possível sua execução, para tanto a seguir o projeto executivo.

4.5 Levantamento de valores das peças de madeira que compõe a estrutura do telhado.

Tabela 7 - Orçamento parcial das peças de madeira

Estrutura	Peça comercial	Dimensão	Tamanho (m)	Repetições	Tamanho total (m)	Valor		
						Unitário (R\$/m)	Total (R\$/m)	
Ripas	ripa	2x5cm	11,1	24	266,4	R\$ 2,40	R\$ 639,36	
Caibros	caibro	5x6,5cm	8,86	20	177,2	R\$ 8,25	R\$ 1.461,90	
Terças	vigota	4,5x10cm	11,1	7	77,7	R\$ 11,85	R\$ 920,75	
Tesoura	Banzo Superior	vigota	5x11cm	7,46	3	22,38	R\$ 12,90	R\$ 288,70
	Banzo Inferior	vigota	5x11cm	7,15	3	21,45	R\$ 12,90	R\$ 276,71
	Pendurais Secundários	tábua	2x(10x2,5cm)	2,16	3	6,48	R\$ 5,32	R\$ 34,47
	Pendural central	vigota	5x14cm	1,1	3	3,3	R\$ 16,50	R\$ 54,45
	Diagonais	caibro	5x6,5cm	5,26	3	15,78	R\$ 8,25	R\$ 130,19
Valor Total								R\$ 3.806,52

Fonte: Autora

5 CONCLUSÕES

O trabalho teve como resultado uma proposta de uma estrutura de telhado treliçado em madeira adequada ao que era necessário para o projeto Eco-Vila, sendo este um projeto social, com habitações simples destinadas a famílias de baixa renda. Contudo o telhado é de fácil execução se comparado aos outros tipos de estrutura de telhado, com materiais facilmente encontrados no comércio da cidade de Palmas-TO, com ligações realizadas por entalhe que necessita do corte bem feito das peças de madeira para o encaixe.

Os cálculos foram realizados com base essencialmente nas normas NBR 7190/2010 e NBR 6123/1988 aonde rege os procedimentos do dimensionamento pelo método dos Estados Limites Último e de Utilização e todos os cálculos necessários também as ligações, sendo que, a principal utilizada nos nós foram ligações por entalhe. Além disto, foram utilizados três softwares para auxílio ao dimensionamento o Visual Ventos para o cálculo das ações dos ventos, o Ftool para cálculo dos esforços normais, cisalhantes, momento fletor e deslocamento ou flecha e também o AutoCAD para representação dos resultados obtidos em forma de projeto para ser melhor visualizado e executável.

Os resultados obtidos quanto ao dimensionamento foram as ripas serão de 2x5cm, os caibros de 5x6,5cm, as terças 4,5x10cm, as treliças: banzo superior 5x11cm, banzo inferior 5x11cm, pendural central 5x14cm, pendurais secundários 2 peças de 10x2,5cm e diagonais 5x6,5cm.

Uma sugestão de continuidade seria um dimensionamento de um outro modelo de estrutura de telhado para que possa ser realizados comparativos de facilidade de execução e orçamento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Renata Braga de. **SAMBLADURAS EM TESOURAS DE MADEIRA TIPO HOWE**. 2006. 172 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14807/2002**: peças de madeira serrada: dimensões. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120/1980**: Cargas para calculo de estruturas em edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123/1988**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: 1988. 66 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190/2010**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: 2010. 107 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7203/1982**: madeira serrada e beneficiada. Rio de Janeiro, 1982.
- BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em estruturas de madeira: Metodologia de inspeção e técnicas de reabilitação**. 2014. 502 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- BURGER, Luiza Maria; RICHTER, Hans Georg. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- CALII JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio Cesar. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: PINI, 2010.
- CARNIELLE, Renata Oliveira Almeida. **Caracterização das construções com madeira em Uberlândia: Patologias, projetos e detalhes**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.
- FERREIRA, Thiago Turino. **Técnicas de conservação e restauro das estruturas em madeira de telhados históricos no Brasil**. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Arquitetura, Linha de Pesquisa Restauração e Gestão do Patrimônio, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- FIDELIS, Dhiego Fonseca. **Gerenciamento de riscos no projeto Eco-Vila: Construção Verde, Cooperativa Habitacional e em redes de colaboração**. 2015. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2015.

FIDELIS, Dhiego; RODRIGUES, Cristiano; SAKAMOTO, Angela R. **Construção Verde: O jeito certo de construir**. In: XV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2015, Palmas. Palmas: CEULP/ULBRA, 2015.

FLACH, Rafael Schneider. **Estrutura para telhados: Análise técnica de soluções**. 2012. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

JUNIOR, C. C. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplo de cálculo**. Molina – São Paulo: Pini, 2010.

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 2. ed. São Paulo: ABDR, 1997.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 223 p.

QUOIRIN, Nilton Sergio Ramos (Org.). **Anatomia e fisiologia da madeira**. Disponível em: <<http://www.oocities.org/tomografiademadeira/madeira.html>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

REMADE (Rio Grande do Sul). Principais agentes deterioradores de madeiras. **Revista da Madeira**, Caxias do Sul, mar. 2013.

RODRIGUES, Cristiano; SAKAMOTO, Angela R. **Ação das redes de colaboração na estruturação de uma cooperativa habitacional em Palmas - TO**. In: XV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15, 2015, Palmas. Palmas: CEULP/ULBRA, 2015.

TECNOLÓGICAS, Instituto de Pesquisas. **Madeira: Uso sustentável na construção civil**. São Paulo: SVMA, 2003.

WEIRICH, Patrick. **ANÁLISE COMPARATIVA DO VOLUME DE MADEIRA EMPREGADO EM TELHADOS CONVENCIONAIS E NO SISTEMA WOOD-FRAME**. 2012. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.